تاريخ العلوم العربية

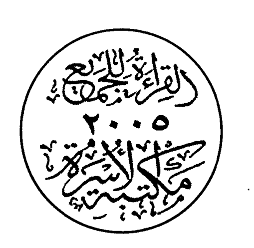
وتحديث تاريخ العلوم

بحث في إسهام رشدي راشد

د. وائل غالي



الهيئة المصرية العامة للكتاب
٢٠٠٥



برعاية السيدة

سوزان مبارك

المشرف العام

د. ناصر الأنصارى

الإشراف الطباعى

محمود عبد المجيد

الغلاف والإشراف الفنى

صبرى عبد الواحد

ماجدة عبد العليم

الجهات المشاركة:

جمعية الرعاية المتكاملة المركزية

وزارة الثقافة

وزارة الإعلام

وزارة التربية والتعليم

وزارة التنمية المحلية

وزارة الشباب

التنفيذ

الهيئة المصرية العامة للكتاب

تصدير

تُعد إسهامات العالِم العربى رشدى راشد فى تحديث العلوم نقلة نوعية، كان لها أثرها البالغ فى تغيير نظرة الغرب للعلماء العرب.

حين نظر رشدى راشد إلى تاريخ العلوم، كان أساس هذه النظرة عدة مشكلات حول ما سيكون عليه المستقبل المصرى والعربى بالذات من دون العالم. لكنه استطاع أن يتأكد أنه إذا كنا نريد للوطن أن يشبع حاجات الناس، فإذًا لابد للمجتمع أن يتغير، من هنا فليس من شك أن علم الغد سيختلف اختلافًا أساسيًا عما نعرفه اليوم عن العالم، وهو يعيش آفاق القرن العشرين والألفية الثانية.

لقد ناصر رشدى راشد، قيم الديمقراطية والعدالة والعدل الاجتماعى والسلام - مع أنه يبدو مستغرقًا، ظاهريًا - وكلها قيم الحداثة، لاقيم ما بعد الحداثة، بوصفها مدارات هذا الوطن المتغير والعالم المتغير.

لقد تيقن من أن التصور طويل الأجل، هو أساس طريقتنا المستقبلية الممكنة فى الحياة، وإدارة الأمم والجماعات والتداخل على مستوى العالم، فى ضوء هذا التطور نحو التغيرات الأساسية فى أساليبنا وسلوكياتنا، صار للعلم - فى معناه العريض - دور رائد لتحقيق التغيير. وهذه هى أطروحة رشدى راشد الجوهرية. من هنا تأتى أهمية هذه الدراسة المستفيضة، التى قدمها الباحث الدكتور وائل غالى، الذى يبحث فى إسهام هذا العالِم الفذ، والذى يسعد مكتبة الأسرة أن تقدمه هذا العام للقارئ العربى.

مكتبة الأسرة

الإخراج الفنى

هانى صبرى

صورة الغلاف الأساسية

رشدى راشد

الشخصيات من اليمين

١. الخوارزمى
٢. ارشميدس
٣. اقليدس
٤. عمر الخيام
٥. البيرونى
٦. ابن سينا

الشخصيات من الشمال

١. فيتاغوراس
٢. بطلميوس
٣. فرونسوافيات
٤. اندريد فييل
٥. كارل فايرشتراس
٦. نقولا كوبر نيكوس

تصميم الغـلاف
والإشراف الفنى : صبرى عبد الواحد

الانتقال من نظام معرفى إلى آخر؟

كان العالم الفرنسى المعاصر موريس كلافلان [(١)] *Maurice CLAVELIN* والبروفيسور موريس بودو[(٢)] *Maurice BOUDOT* من أساتذتى الأساسيين الذين علمونى فلسفة العلوم وتاريخها فى النصف الثانى من عقد الثمانينيات من القرن العشرين فى جامعة باريس٤ السوربون / السوربون العتيقة، جنبا إلى جنب مع الأستاذين لوليافر *LELIEVRE* ودوما *DUMAS*. وكان موريس بودو(١٩٣١-) متخصصا فى المنطق وفلسفته بعامة، وفى المنطق الاستقرائى وحساب الاحتمال بخاصة.

١- الفعالية المعاصرة

انطلق رشدى راشد (١٩٣٦-) ، الرياضى المصري، والفيلسوف، والمؤرخ، ومؤسس إستراتيجية جديدة فى التأريخ للعلوم بعامة، والعلوم العربية بخاصة، والمقيم فى باريس بفرنسا منذ نحو عام ١٩٥٦ والأستاذ فى جامعة "دونى ديدرو" باريس٧ وجامعات العالم بعامة، أقول انطلق رشدى راشد، فى بادئ سيرته الفكرية، فى دراسة تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها، من مسألة أساتذتى الفرنسيين نفسها. ولكنه درس، أولياً، مشكلات علمية العلوم الاجتماعية.

انطلق رشدى راشد من الرياضيات التطبيقية *APPLIED MATHEMATICS*، أى من ذلك الفرع من الرياضيات الذى يبحث فى تطبيق الرياضيات على الظواهر الفيزيائية والبيولوجية والعلوم الاجتماعية وغيرها فى العالم المادى مثل الميكانيكا، والديناميكا الحرارية، والمغناطيسية، والكهربائية، والإحصاء والاحتمالات. انطلق رشدى راشد من الرياضيات *APPLIED MATHEMATICS*، أى من ذلك الفرع من الرياضيات الذى يبحث فى تطبيق الرياضيات على الظواهر الاجتماعية والعلوم الاجتماعية. ولم تكن تلك المسألة هى المسألة التى قدمها لنا ريمون بودون *Raymond BOUDON (1934)* فى محاضراته فى العلوم الاجتماعية فى السوربون/باريس ٤ فى النصف الثانى من القرن العشرين. كان ريمون بودون *Raymond BOUDON* يبحث عن "الفردية المنهجية"، وعن "تفاوت الفرص" مقابل الحتمية الرياضية.

حلت نظرية الاحتمالات *PROBABILITY THEORY*، أى فرع من فروع الرياضيات الذى يدرس الظواهر العشوائية، حلت نظرية الاحتمالات، لدى رشدى راشد، مشكلات تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية. لذلك نتناول فى الباب الرابع من هذا الكتاب نظرية الاحتمالات، وحساب الاحتمالات، والمصادفة واليقين، التوقع وامتناع التوقع، والوقائع واحتمالها، ولغة الوقائع ولغة المجموعات، ولغة الاحتمالات، والاحتمالات الشرطية، وصياغة بايز لنظرية الاحتمالات (وهى نظرية تبحث فى احتمالات الأسباب المتعددة لظاهرة ما)، وقوانين الاحتمالات، وكثافة الاحتمال، والقانون الحداني، والأمل الرياضي، وغيرها من مدارات الاحتمال الحديث كنظرية برنولى فى الاحتمالات، وهى حالة خاصة من حالات نظرية النهاية المركزية، فعندما يكون المتغير ذا قيمتين، نسميهما النجاح والفشل، بحيث يكون احتمال النجاح ل واحتمال الفشل ١ – ل.

انطلق رشدى راشد، إذن، من الرياضيات المعاصرة ليكشف فى الرياضيات الكلاسيكية، عن التكوين العربى المتقدم للحداثة الغربية العلمية. بعبارة أخري، قبل أن يحكم رشدى راشد على ماضى الرياضيات العربية، تاريخاً وفلسفةً، كان رياضيا راهنياً، وكان على بينة من أمر العلوم الرياضية التى يتصدى لتاريخها وفلسفتها. ومن هذه الجهة نقدر أن نقول إنه أسس لتاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها، ضمن علاقة وثيقة بواقع العلم الراهن. فى العلوم يجيء الراهن ليلقى الضوء على الماضي.لذا فهو يرتد إلى ماضى الرياضيات من أجل الحكم على هذا الماضى فى ضوء الراهن.ينطلق المؤرخ–المعرفى من وقائع الحاضر ومنظوره ونظريته وصوره، ليكشف فى الماضى نفسه الحركات التدريجية لتشكيل الحقيقة الرياضية وتكوينها. فوجهة النظر الحديثة هى التى قضت بالنظر المغاير إلى تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها.

ما الذى يبرر لنا الانتقال من تسجيل الوقائع المباشرة إلى وضع قانون يعبر عن نظم معينة فى المجتمع ؟ تلك هى "مسألة الاستقراء " التى انطلق منها رشدى راشد. ومن المعروف أن يتناقض الاستقراء مع الاستنباط، بقولنا إن الاستنباط ينتقل من العام إلى الخاص أو الفردى ، بينما يمضى الاستقراء فى الطريق الآخر، من الفردى إلى العام. ففى الاستنباط تنتقل أنواع من الاستدلالات من العام إلى الخاص ، كما تظهر فى الاستقراء أنواع متعددة من الاستدلالات. يفترض الفرق أن الاستنباط والاستقراء فرعان لنوع واحد من الاستدلال. ويصف جون ستيوارت مل *John Stuart MILL* ما يسمى "بنظام الاستقراء" ويذكر قواعد الاستقراء. ويجتنب بعضهم اليوم استخدام مصطلح ."الاستدلال الاستقرائي". فى الاستنباط، ينتقل الاستدلال من مجموعة من المقدمات إلى نتيجة لا تختلف عن المقدمات. فإذا كان لديك سبب لصدق المقدمات، فلا بد أن يكون لديك بالمقدار نفسه سبب متين لصدق النتيجة التى تصدر عن المقدمات. فإذا صدقت المقدمات، فلا يمكن أن تكذب النتيجة. يختلف الموقف تماما فى الاستقراء.

إن الاستقراء هو أساس حساب قيمة الاحتمال. وكان موريس بودو يستعمل مصطلح " الاحتمال الاستقرائي"، لأن هذا النوع من الاحتمال ، فى تصوره هو المقصود من الاستدلال الاستقرائي. لأنه لا يعنى "بالاستدلال الاستقرائي" استدلال المقدمات الصادقة وحسب، فلا يستتبع أن تصدق نتيجة طبقا لضرورة منطقية. هذه الاستدلالات متدرجة، وهى التى يطلق عليها اسم "الاحتمال المنطقي" أو"الاحتمال الاستقرائي". ولكى يتبين لنا الفرق بين هذا النموذج من الاحتمال، والاحتمال الإحصائي، والاحتمال الرياضى عند رشدى راشد، استحضرنا تاريخ نظرية الاحتمال بوصفها أساس الانطلاق فى مسألة ترييض العلوم الاجتماعية لدى رشدى راشد، ثم مسألة تاريخ الصور القبل علمية للعلوم الدقيقة حيث كشف رشدى راشد عن الرياضيات العربية وفلسفتها بخاصة. من جهة أخري، كشف رشدى راشد عن نظرية الاحتمالات الحديثة نفسها، من دون الجهاز الرمزى الدقيق، من داخل الرياضيات العربية الكلاسيكية نفسها كما سنبين فى ما يأتى من فصول وأبواب.

ظل رشدى راشد يبحث فى الاحتمال بخاصة، وتطبيق الرياضيات فى المناظر الهندسية وفى المناظر الطبيعية غير الخطية الحديثة، منذ العام ١٩٥٦ وحتى العام ١٩٧٥، قبل أن يعيد كتابة تاريخ الرياضيات العربية الكلاسيكية وفلسفتها. وحين ولج باب تاريخ الرياضيات وفلسفتها كشف عن التطبيقات العربية وتعبيرها عن التطبيق المتبادل بين العلوم الرياضية الذى ساد الإنتاج الرياضى العربى فى القرن التاسع الميلادى وعلى مدار القرون السبعة اللاحقة. وقد لَعب علم الجبر الدور الرئيس فى إعادة بناء العلوم الرياضية العربية : الجدل بين الجبر والحساب من جهة، والجدل بين الجبر والهندسة من جهة ثانية. وأدى تطبيق الحساب على الجبر أو حَسْبَنَة الجبر نحو آخر القرن العاشر الميلادى وعند العالم الرياضى الكَرَجى إلى تشكيل جبر متعدد المخارج. من هنا فليس فى هذه الجدلية أى قَبْلية. لقد فرضت هذه الجدلية نفسها بوصفها توسيعاً لكل من الأنظمة الرياضية. وذلك بإرساء قواعدها من جديد وبتعميم تصوراتها أو طرائقها. صدر فصل "المعادلات العددية" عن الجبر الجديد وعن استحالة الحل الجبرى بالجذور للمعادلات التكعيبية فى ذلك الوقت. والجبريون الهندسيون أنشأوا فصل "المعادلات العددية". ومنذ القرن التاسع الميلادى إذن تغير المشهد الرياضى وتراجعت آفاقه. امتد الحساب والهندسة الاقليديان. وصارت نظرية المخروطات ونظرية المتوازيات والنظرية الاقليدية فى الأعداد والمناهج الأرشميدية فى قياس المساحات ومشكلات تساوى المحيط، صارت هذه النظريات جميعها موضوعا لبحث علماء الرياضيات. من جهة أخرى ومن داخل الرياضيات الهلنستية نفسها أصلح الرياضيون المناطق الغير الهلنستية. وبفضل المناهج الجبرية درس الرياضيون الدوال الحسابية ،كما ابتدعوا قسما جديدا فى النظرية الاقليدية للأعداد. من جهة ثالثة صار كتاب "الأصول" لاقليدس الهندسي، كتابا فى الجبر بدءا من القرن العاشر الميلادي. من كتاب فى الهندسة صار كتابا فى التسويغ الجبرى المتناهى للجسم الجذري. من جهة رابعة صار البرهان الجبري، عند العرب، أسلوبا جديدا فى البرهان فى الجبر متعدد المخارج والتحليل التوافقى ونظرية الأعداد الجديدة. كان البرهان الجبرى هو المنهج الذى طبقه العلماء، فى ذلك الوقت، للبرهان

على خوارزميات الحلول الجبرية أو العددية للمعادلات. من جهة خامسة، ابتدع العلماء التحليل الموضعى من خلال الجدل بين الجبر والهندسة. ابتدع علماء الرياضيات فى القرن العاشر الميلادى الترجمة المزدوجة أو التطبيق المتبادل بين العلوم الرياضية. ففى هذا النوع من المعرفة، التى ارتبطت بإنشاء النماذج، لم يتركز اهتمام الرياضي، فى اللغة العربية، فى ذلك الوقت، على صياغة تصور للقواعد المثالية للظواهر والقوانين. فالرياضى العربى بحث فى العناصر الضرورية للجواب عن التساؤل التطبيقى الجوهري.

وكان موريس بودو يخصص محاضراته لنا لدراسة الأنساق الشكلية التى كان قد بناها الوضعيون الجدد بقصد وصف الاستدلالات الاستقرائية وتفسيرها. وقد قادته هذه الدراسة إلى العرض لعقم وتناقض هذه الأنساق. وذلك من منطلق غيبة شروط تطبيق هذه الأنساق طبقا لمقاييس تركيبية أو تبعا لعلم المدلول الشكلي. أما موريس كلافلان (١٩٢٧-) فقد كان يخصص محاضراته للعرض للمشكلات التى تتعلق بتكوين الميكانيكا الكلاسيكية. وأما رشدى راشد فهو يبحث فى تكوين الرياضيات الكلاسيكية. وكان موريس كلافلان يركز على الفلسفة الطبيعية لجاليليو وبخاصة على الخطابات والمبرهنات الرياضية حول العلمين الجديدين من دون الوقوف على مشكلات اتصال أو انفصال الفيزياء الكلاسيكية عن الفيزياء الجديدة. وكان يستعيد بصورة أساسية المبادرات الأولى التى بفضلها استطاع جاليليو أن يفتح الطريق لعلم الحركة الهندسي. كانت المشكلات الجوهرية إذن هى مشكلات الانتقال من عالم تصورى وسيط إلى عالم تصورى حديث : مشكلات تكوين العلم الغربى الحديث وتشكيله.

كانت المشكلة التى كان يتناولها أساتذتى فى جامعة السوربون باريس ٤ هى التى يدور حولها إسهام رشدى راشد: مدلول تاريخ العلوم. وهى المشكلة المحورية فى الفكر العلمى المعاصر بعامة. فقد كتب كارل بوبر فى كتابه عن "المعرفة الموضوعية، أو وجهة نظر واقعية حول المنطق، الفيزياء، والتاريخ" (١٩٦٦)[٣] إن مشكلته الأساسية هى : مشكلة "تطور" المعرفة الموضوعية .

٢- إعادة كتابة تاريخ العلم

للأسف كانت الحلقة العربية فى البحث فى مشكلات الانتقال من عالم تصورى وسيط إلى عالم تصورى حديث : مشكلات تاريخ العلم الغربى الحديث، غائبة تماما عن محاضرات موريس كلافلان وموريس بودو وأغلب أساتذتى فى تاريخ العلوم وفلسفتها فى جامعة السوربون-باريس ٤، بل فى أغلب الخطابات والمبرهنات السائدة فى الغرب إلى الآن. وقد حدث تراجع الآن فى البحث الدولى فى تاريخ العلوم العربية وبخاصة فى الولايات المتحدة الأمريكية بحجة الغياب السابق فى العلوم العربية لهيكل المؤسسات العلمية [٤] التى من الفروض أن ترعى العلم وتصونه.

أما رشدى راشد فقد تعرفت إليه فيما بعد دراستى الجامعية الأولى بالسوربون، فى النصف الأول من عقد التسعينيات من القرن العشرين. ولاقيته فى منزله بالضاحية الباريسية "بور لا رين". وسألته آنذاك عن اكتشاف ريتشارد وايلز فى الرياضيات ثم نشرت كلامه فى كتابى عن "أوهام المستقبل"(٥). لذلك فهذا الكتاب، الذى بين يدَى القارئ، استغرق وقتا امتد من عام ١٩٩٨ إلى عام ٢٠٠٣ .بعد ذلك التقيته فى القاهرة وكلمته عن اهتمامى بالمقارنة بين اللامتناهى اليونانى القديم واللامتناهى العربى القديم. ورحب وشجعنى على أن يشرف على هذه الدراسة. فطلبت إليه موسوعته العملاقة عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرن الثالث والقرن الخامس (ج١ : المؤسسون والشراح؛ ج ٢ : الحسن بن الهيثم؛ ج ٣ : الحسن بن الهيثم، القطوع المخروطية، الأعمال الهندسية، الهندسة العملية؛ ج٤ الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات)(٦) حتى أكمل الدراسة. والتحليل الرياضى هو، فى الاصطلاح الحديث، صياغة تصورات حساب التفاضل والتكامل ونتائجها. ومن المعروف أن حساب التفاضل والتكامل فرع من الرياضيات العليا فى العصر الحديث، وهو أشهر أنواع الطرق المتقدمة فى الرياضيات العليا، وهى طريقة تستعمل مجموعة من الرموز الخاصة لحل المسائل المختلفة. ويمدنا حساب التفاضل والتكامل بالوسائل المناسبة لحساب معدل تغير دالة بالنسبة إلى تغيرها المطلق، وبالإمكان بلوغ ذلك، إذا عرفنا الزيادة فى المتغير المطلق وما يقابلها من زيادة فى قيمة الدالة، وكلما اعتبرنا الزيادة فى التغير المطلق قريبة من الصفر، فإن النسبة بين الدالة وزيادة المتغير المطلق تقترب من قيمة معينة تسمى مشتق الدالة، وهذه القيمة هى معدل تغير الدالة إلى تغيرها المطلق. وبطريقة حساب التفاضل والتكامل هذه أمكن الحصول على قوانين رياضية لمشتقات مختلف الدوال الشائعة، ولمشتقات الدوال الناتجة. وبالإمكان استعمالها لمعرفة المماسات، والنهايات الكبرى من خواص الدالة المحددة. وحساب التكامل عكس حساب التفاضل. ففى التكامل نبدأ بمشتق الدالة ونحاول الوصول منها إلى الدالة نفسها، ويستعمل حساب التكامل فى حساب مساحات الأشكال الغير المنتظمة، والأحجام وغيرها.

كان المقصود من موسوعة رشدى راشد المتميزة عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرن الثالث الميلادى والقرن الخامس الميلادي، هو التأريخ لحساب الصغائر بين القرن التاسع والحادى عشر الميلاديين، وبخاصة التأريخ لأعمال الحسن بن الهيثم. فظهر الجزء الثانى –ج٢: الحسن بن الهيثم– من الكتاب قبل الجزء الأول –ج١ : المؤسسون والشارحون–، وهو يضم أعمال الحسن بن الهيثم فى حساب الصغائر أوفى الحسابات اللامتناهية فى الصغر. ولوضع أعمال ابن الهيثم فى نسقها التاريخي، كان عليه أن يرى ما تم قبله وأن يرى كيف فسر هو فيما بعد. فى هذا الحال تناول رشدى راشد ما كتب فى اللغة العربية فى هذا الميدان من القرن التاسع حتى ابن الهيثم ثم شراح ابن الهيثم فى هذا الموضوع. ولفهم أعمال ابن الهيثم نفسها فى هذا الميدان، كان على رشدى راشد أن يدرس تصوره وأعماله الهندسية، فكان الجزء الثالث –ج٣ : الحسن بن الهيثم–، وهو يتعلق بكل هندسة القطوع المخروطية. وفى أثناء هذه الدراسة تبين لرشدى راشد أن ابن الهيثم

كان قد ورَّث كل هذا التقليد الرياضى الذى بدأت فيه أفكار التحويلات النقطية الهندسية. ومن ثم تجدد الفكر الهندسى وتجددت فلسفة الرياضيات وتجدد تصور المكان، فكان الجزء الرابع -ج٤ : الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات-، ويعد رشدى راشد الآن للجزء الخامس، وهو يتعلق بالهندسة الكروية وتطبيقاتها فى علم الهيئة ومحتوياتها التحليلية، ثم سيتبعه الجزءان السادس والسابع. فهدف رشدى راشد من موسوعته العملاقة عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرن الثالث والقرن الخامس هو تقديم عمل متكامل حول فروع الهندسة العربية كافة.

فكتبت عن هذا السِفْر الذى سماه باسم "الرياضيات التحليلية" العربية فى صحيفة الأهرام عامى ٢٠٠١ و٢٠٠٢، ومن قبل، فى صحيفة القدس (٢٩ ديسمبر ٢٠٠٠) اللندنية. وفى أثناء كتابتى السريعة عنه ثم حديثى مع الأصدقاء فى مصر عن إسهامه العلمى البارز، أدركت ضرورة تخصيص كتاب بالكامل عنه وعن أعماله حتى يعرف فى مصر والعالم العربى بعد أن عرفه الغربيون واعترفوا له بالجميل، على أن أعود بعد ذلك لمسألة اللامتناهى فى الرياضيات وفلسفتها بوجه عام، فى موضع آخر.

وليس من شك فى أن هذا البحث عن إسهام رشدى راشد مغاير لخط سير كتاباتى حيث لم أتطرق إلى كتابة هذه السطور إلى فلسفة العلوم وتاريخها، باحثا أكثر عن الخيال (كتابى عن "معرفية النص"، تمثيلا لا حصرا) أو عن العقل الفلسفى (كتابى عن "ابن رشد فى مصر"، تمثيلا لا حصرا) أو عن العقل الدينى (كتابى عن "الخمينى وماركس جنبا إلى جنب"، تمثيلا لا حصرا) من دون البحث فى الاستدلال العلمي. وما المانع فى ذلك؟ فإن كنا لا نفكر ضد أنفسنا، فلن نعرف كيف نفكر ضد الآخر، لن نعرف كذلك كيف نكتب، وما نكتبه، إن كتبنا، لن يكون له معني. فالتناقض بين كتابى "الشعر والفكر، أدونيس نموذجا" والبحث الذى أقدم له هنا، إنما هو تعدد ضرورى بين الخيال والعلم، لكى أظل واحدا، لكى تظل هناك وحدة فكرية فى ما أكتب وأفكر، أى أنه امتحان ذاتى لأدواتى نفسها، لظلالى نفسها. وعمر الخيام -الذى نحلله فى الفصل الثانى من الباب الثانى من هذا الكتاب- الرياضى هو من أهم الرياضيين الذين كتبوا الرياضيات فى اللغة العربية. وإن كتب، هو، شعره فى اللغة الفارسية، فقد سبق المحدثين إلى الجمع بين الشعر والفكر، بين الأدب والعلم. ونشر رشدى راشد آثار الخيام الجبرية. فأحيا رشدى راشد بهذا آثار أول من صاغ نظرية هندسية للمعادلات الجبرية وأسهم بصورة معينة فى إبداع الهندسة التحليلية بالمعنى الذى ورد فى كتاب ديكارت عن "الهندسة" فى القرن السابع عشر الميلادي. فأحيا رشدى راشد بهذا آثار أحد رواد من صاغوا العلاقة بين العلم والشعر، بنحو خاص.

أما إسهام رشدى راشد فقد تركز على الشك فى الكلام السائد الذى يقال فى البحث فى المشكلات الجوهرية التى تتعلق بالانتقال من عالم تصورى وسيط إلى عالم تصورى حديث : مشكلات تاريخ العلم الغربى الكلاسيكي-الحديث. وذلك بحثا عن يقين آخر، عن تقسيم آخر لتاريخ العلوم بعامة. والمسألة الجوهرية

تتلخص فى تحديد موقع الحركة التى أدت إلى نشأة العلم الجديد الغربى الكلاسيكي-الحديث. والكلام السائد الذى يقال فى البحث فى هذه المسألة ينتهى إلى تسمية اسم إسحق نيوتن وتعيين نظريته الجديدة فى الحركة وتحديد رؤيته المغايرة للعالم. والكلام السائد الذى يقال فى البحث فى هذه المسألة أيضا هو أن التعديل العلمى تم فيما بين آخر القرن السادس عشر وبداية القرن السابع عشر. قبل هذا التاريخ ليس هناك سوى مبادرات فردية. أما البداية الحقيقية والحاسمة للعلم الحديث فترجع إلى عام ١٥٤٣، عام صدور كتاب نقـولا كـوبـرنـيكوس[٧] (١٤٧٦-١٥٤٣)"عن دوران الأفلاك السماوية"*De Revolutionibus Orbium Coelestium*.

يعيد رشدى راشد، إذن، كتابة تاريخ العلم، لا بما هو مجرد منظومة من القضايا والنتائج، أو بما هو مجرد نسق المسائل ومجال الصراعات الاجتماعية، بل من حيث محدداته وصوره وأشكاله ومحتوياته ومضامين تاريخ الجبر، وفلسفته، والنظرية الكلاسيكية فى الأعداد، والمناظر الهندسية، والمناظر الفيزيائية، والبنيات الهندسية، والرياضيات التحليلية، وتطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية والإنسانية. **ويستعيد رشدى راشد بصورة أساسية المبادرات العلمية الأولى التى بفضلها استطاع العرب لا أن يفتحوا الطريق لعلوم الرياضيات وفلسفتها الحديثة وحسب بل أن يرسوا أسس الرياضيات الكلاسيكية وفلسفتها نفسها.** وقد أشار تقرير المركز القومى الفرنسى للبحث العلمى عام ١٩٩٦ إلى التطور المهم الذى طرأ على ميدان البحث فى تاريخ الرياضيات "غير الغربية" كما على ميدان البحث فى تطبيق الرياضيات فى ميدان العلوم الاجتماعية والإنسانية. وهما الميدانان الأساسيان اللذان يبحث فيهما رشدى راشد منذ عقد الخمسينيات من القرن العشرين إلى الآن.

من جهة أخرى، أدار رشدى راشد الأبحاث الاستثنائية بالمركز القومى للبحث العلمى بباريس بفرنسا. وكما انتقل رشدى راشد من الفلسفة إلى الرياضيات، أنحسر الأدب واللغات القديمة والفن والثقافة بوجه عام، وتحولت الفلسفة المعاصرة من داخل وكفت عن ممارسة دورها بوصفها نظرية عامة فى المعرفة الذاتية وبنياتها العميقة، واقتصرت على التفكير فى العلوم بوصفها تحمل المعرفة الصحيحة الوحيدة. صارت الفلسفة إبستمولوجيا أو تاريخا للعلوم. فى المركز القومى الفرنسى للبحث العلمي، حيث يعمل رشدى راشد منذ ١٩٥٦ ، خصصت إدارة المركز القومى الفرنسى للبحث العلمى للفلسفة القسم ٤٥ الأخير تحت عنوان: "الفلسفة، الإبستمولوجية، تاريخ العلوم". يعرض القسم -القسم الخامس والأربعون والأخير : "الفلسفة، الإبستمولوجية، تاريخ العلوم"- لمعرفة تطور فصل معين من فصول المعرفة فى العصر الحديث.

أدار رشـدى راشـد مركز تاريخ العلوم والفلسفات العربية والوسيطة بالمركز نفسه وبجامعة باريس -٧ ولجنة الدراسات العليا فى فلسفة العلوم وتاريخها بالجامعة نفسها. وكان أستاذ كرسى تاريخ الرياضيات بجامعة طوكيو باليابان وأستاذا فخريا بجامعة المنصورة بمصر. وهو عضو الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم وأكاديمية علوم العالم الثالث (لجنة الرياضيات) ومعهد الدراسة المتقدمة (معهد الدراسات التاريخية، برنستون) ومجمع

اللغة العربية بدمشق والقاهرة. وهو نائب رئيس الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم منذ عام ١٩٩٧ إلى كتابة هذه السطور. وترأس تحرير المجلد الخاص بتاريخ العلوم العربية فى موسوعة تاريخ العلوم العالمية فى إيطاليا عام ٢٠٠٢ . ويرأس منذ أكثر من عقد من الزمان تحرير مجلة "العلوم العربية والفلسفة" *Arabic Sciences and Philosophy* الصادرة عن وحدة إصدارات جامعة كمبردج بالمملكة المتحدة.

وأسس رشدى راشد عام ١٩٨٤ فريق البحوث فى فلسفة العلوم وتاريخها والمؤسسات العلمية *REHSEIS* بالمركز القومى للبحث العلمى بباريس. ثم أداره حتى مايو من عام ١٩٩٣. وترأس عام ١٩٩٥ "مشروع بيت الحكمة" بمنظمة اليونسكو الدولية بباريس. وأدار عام ١٩٩٧ كلية تاريخ العلوم فى ساردنى بجنوب ايطاليا تحت إشراف منظمة اليونسكو العالمية. وأدار عام ١٩٩٨ كلية تاريخ العلوم تحت إشراف جامعة نيس بجنوب فرنسا وجامعة المنصورة فى مصر. وفاز بالجائزة البرونزية من المـــركز القومـــى للبحث العلمى بباريس بفرنسا عن كتابه الرائد عن ديوفنطس الاسكندراني، "علم العدد" (٨).

ومنحه السيد رئيس الجمهورية الفرنسية عام ١٩٨٩ فرونسوا ميتران وسام الاستحقاق من طبقة فارس فى مناسبة العيد الخمسين للمركز القومى للبحث العلمى بباريس. ومنحته الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم عام ١٩٩٠ جائزة "آلكسندر كويريه" عن مجموع أعماله. والجدير بالذكر أن آلكسندر كويريه، صاحب الكتاب المرجعى عن "الثورة الفلكية"(٩) كان أحد أساتذة رشدى راشد المباشرين وأحد أهداف نقد رشدى راشد التاريخى فى آن معا. وجائزة "آلكسندر كويريه" هى أعلى جائزة عالمية فى تاريخ العلوم تمنحها الأكاديمية العلوم للعلوم كل أربع سنوات. وفاز رشدى راشد كذلك عام ١٩٩٠ بجائزة منظمة مركز المؤتمر الإسلامى لتاريخ الإسلام، قطاع الفن والثقافة، عن مجموع أعماله فى تاريخ الرياضيات وفلسفتها. ومنحه السيد رئيس الجمهورية الإيرانية عام ١٩٩٨ الجائزة العالمية لأحسن كتاب بحثى فى الدراسات الإسلامية عن موسوعة "تاريخ العلوم العربية"(١٠) التى حررها رشدى راشد وشارك فيها أدولف ب. يوشكفيتش، رئيس الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم، وصاحب الكتاب الرائد فى "تاريخ الرياضيات فى العصر الوسيط" (ليبزيج، ب. ج. تويبنير، ١٩٦٤، وهى الترجمة الألمانية : *Geschichte der Mathematik im Mittelalter* للنص الروسى الأصلى الصادر فى الاتحاد السوفيتى السابق عام ١٩٦١)، وريجيس مورلون، مدير المعهد الدومينيكى للدراسات الشرقية بالقاهرة، وصاحب كتاب "ثابت بن قرة، الأعمال الفلكية" (تحقيق وترجمة، باريس، دار الآداب الرفيعة، ١٩٨٧).

ومنح أمير الكويت رشدى راشد عام ١٩٩٩ جائزة مؤسسة الكويت للتقدم العلمى المتقدمة عن أبحاثه فى تاريخ الهندسة العربية(١١) . ومنحه فدريكو مايور، مدير عام منظمة اليونسكو الأسبق، جائزة "ابن سينا" لحوار الحضارات، الدولية.

٣- جيل رشدى راشد

وكانت لكل جيل نتائج كما كانت له مسلماته. كانت الأمور فى الأجيال السابقة على ثورة ٢٣ يوليو١٩٥٢ تبدو وكأن الدولة مهما ارتدت من ثياب الديمقراطية الغربية ليست أكثر من جهاز القهر الملكى الاستعماري. وكانت الثقافة فى خطها العام مجرد رد فعل للحضارة الغربية من جهة، وللتراث العربى من الجهة الأخري. وكانت الأحلام الفكرية للأجيال الثلاثة السابقة على حركة ٢٣ يوليو١٩٥٢ لا تكاد تتجاوز الحلم الديمقراطى الغربى عند جيل الرواد والحلم الاجتماعي-الديمقراطى عند الجيل الذى يليه والحلم اليسارى عند الجيل السابق على جيل رشدى راشد مباشرة.

وقد مضت هذه الأحلام فى خط سيرها جنبا الى جنب مع أحلام الأصولية كرد فعل أمام الحضارة الوافدة. على أن الأحلام بعامة، يسارا ويمينا، لم تكن مجرد ردود أفعال عند بعض المثقفين، وإنما كانت أيضا بلورة عميقة الدلالة لآمال اجتماعية عامة. فلم تكن القضية الانحياز للفكر الغربى أو للتراث العربى إنما كانت القضية ولا تزال التطور اللامتكافيء بين الحضارة الحديثة والتخلف المصرى العربى الإسلامي. ولم يكن ذلك يتم بمعزل عن العصر الذى عاشوا فيه، وهو العصر الذى شهد حربين عالميتين اختتمتا بتفجير الذرة، كما شهد نشأة نظام اشتراكى عالمي. وقد انعكس الصراع بين الليبرالية والاشتراكية على خريطة الأحلام المصرية انعكاسا ملحوظا.

كان جيل منتصف العشرينيات من القرن العشرين - دفاع سلامة موسى وشاهين مكاريوس وفارس نمر، تمثيلا لا حصرا، عن التفكير العلمي- قد ألقى مراسيه الفكرية فى منتصف الثلاثينيات. وبلغ جيل منتصف الأربعينيات -دفاع العالمين على مصطفى مشرفة ومصطفى نظيف، حصرا، عن التفكير العلمي- ذروة تقدمه فى منتصف الأربعينيات أو نحوها. ولا يختلف الأمر عند جيل منتصف الأربعينيات الذى كان عام ١٩٤٦ هو شهادة ميلاده فقد عرف قمة ازدهاره عام ١٩٥٦، أى ذلك العام الذى استهل فيه رشدى راشد بحثه العلمي.

٤- نصف القرن المصرى الأخير

كانت الملحوظة الرئيسة على هذه الأجيال هى أنها فى تطورها الفكرى ترتكز دوما على منهج متكامل سواء أكان علميا أو يساريا أو ديمقراطيا. وقد كانت الملحوظة الرئيسة على أجيال ثورة ٢٣ يوليو١٩٥٢ هى أنها فى تطورها الفكرى ترتكز أيضا على منهج متكامل سواء أكان علميا أو يساريا أو ديمقراطيا، وإن لم تر الفكرة العلمية ولا اليسارية ولا الديمقراطية حلمها يتحقق. لقد رأت كل فكرة من هذه الأفكار بعضا من حلمها يتحقق، وبعضا آخر غاص فى الرمال أوفى قاع النهر. ولم يتحقق البعض الذى تحقق على هواها أو على

طريقتها أو على يديها. والبعض الذى غاص الى الأبد غاصت معه أحلام وأعمار وأجيال كاملة. هذا هو المناخ الذى ولد فيه وعى ذلك الجيل الذى ينتمى إليه رشدى راشد.

فقد بدأ ينهل ثقافته قبل قيام الثورة، فلم يجد إلا صمتاً وزيفا وقلقا عنيفا، وحين قرأ الماضى -ماضى الأساتذة- أحس بالفجوة بين الواقع والأحلام، ولكنه أحس فى الوقت نفسه بحيرته وحيرة جيله : رشدى راشد، عبد الحكيم قاسم، غالى شكري، كرم مطاوع، فيليب جلاب، نزار قباني، عبد الله الطوخي، شكرى محمد عياد، صلاح أبو سيف، تمثيلا لا حصرا.

لكن رشدى راشد هو الامتداد المتطور لسلالة معينة من العلماء والمؤرخين المعاصرين، هى سلالة مصطفى نظيف، على مصطفى مشرفة، أ. ف. هومبولت ، ب. لاكى (تاريخ ثابت ابن قرة فى اللغة الألمانية:

Thabit b. Qurras Buch uber die ebenen Sonenuhren. Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik, Abteilung B : Studien, 5 (1938)

وإن اختلف رشدى راشد مع العالم الجليل فى قراءة بعض عبارات نص عمر الخيام وفى ترجمة بعض الفقرات، بل إن اختلف فى غير موضع ولم نقره على ما ذهب إليه إلا أن رشدى راشد يذكر بجودة عمل ب. لاكى على وجه العموم، وبما أداه مع أعمال ف. فبكه الأخرى من خدمات فى ترجمة كتاب "الفخري" للكرجى فى الجبر، إلى اللغة الفرنسية، والذى مهد له بمقدمة عن الجبر اللامحدد عند العرب، وأورد بعض المقتطفات فى اللغة العربية، باريس، ١٨٥٣)، هاينريش سوتر ("علماء الرياضيات وعلماء الفلك العرب وأعمالهم" :

Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihrWerke

١٩٠٠، وأعيد طبعه فى نيويورك فى الولايات المتحدة عن دار جونسون، عام ١٩٧١، وكان المؤرخ الألماني، هاينريش سوتر، قد أضاف إضافات وتصحيحات وتصويبات، فى طبعة لاحقة عام ١٩٠٢، حصرا)، هيرشبرج، أ. فيدمان ("الكتابات الكاملة فى تاريخ العلوم العربية-الإسلامية"، ٣ج، ط د. جرك، فرانكفورت، معهد تاريخ العلوم العربية-الإسلامية، ألمانيا، ١٩٨٤)، ج. ل. سيديو ("مقدمات للجداول الفلكية لولوج بيج"، باريس، ١٨٥٣، حيث أورد النص الفارسى وقام بالترجمة الفرنسية من الفصول التمهيدية الطويلة إلى الجداول الفلكية التى أنتجت فى عصر الملك ولوج بيج أمير سمرقند، والذى كان عالما فى الرياضيات والفلك)، فرانس ويبكه (بحث فى الهندسة العربية فى اللغة الفرنسية)، نالينو، روسكا، كاربنسكى ؛ م. كراوسه. وهو غير بول كراوس (الدوائر عند مينيلاوس الاسكندرانى فى صحيح أبى نصر منصور بن على بن العراق. محاولات فى تاريخ النص عند علماء الرياضيات. وهو تحقيق للنص مع ترجمة ألمانية للنص العربى المنقول عن الأصل اليونانى المفقود حول دوائر مينيلاوس، تمثيلا لا حصرا) وغيرهم من مؤرخى العلوم المعاصرين الذين فتحوا أفقا متميزاً فى تاريخ التأريخ للعلوم العربية وفلسفتها.

لقد حوصر التراث العربى بين الدين واللغة ولم يذكر جانبه العلمى غالبًا إلا لتأكيد خطابى لحق العرب التاريخى فى المعاصرة. ولقد حاول جيل من علماء العرب فك هذا الحصار الديني–اللغوي. فلقد حوصر التراث العلمى بين موقفين وموقف ثالث توفيقي. الموقف الأول يتمثل فى النظر إلى العلماء العرب كحراس لمتحف العلم اليوناني. والموقف الثانى يعتبرهم أسلاف كل ميادين العلم الكلاسيكي. أما الموقف التوفيقى فهو حائر، من دون نظرية علمية فى التفسير، بين موقف الحرس وموقف السبق. ولا يقف رشدى راشد موقفا تجريبيا. ولا يعزل الواقعة العلمية. ويتجاوز منظور التتابع التاريخي. ولكنه يستند على نظرية ظاهرية–بنيوية. فإحياء التراث ليس بعثًا لموتى ولا بياناً لما اختفى إلى الأبد.

ولكن رشدى راشد حقق النصوص وترجم المخطوطات التى أسهمت فى تكوين المعاصرة نفسها وتاريخها. لم يهمل التراث الإسلامى الديني–اللغوي، بل قرأ التراث الإسلامى الديني–اللغوي، فى ضوء التراث العربى العلمى البحت. سجل رشدى راشد، على سبيل المثال، تطبيق العلماء التحليل التوافقى فى ميدان الجبر والدراسات اللغوية والفلسفية. ومنذ بداية القرن الثامن عشر الميلادي، شرع جاك برنوللى ومونمور فى صياغة التحليل التوافقى فى أفق العلم الجديد ومسائل التجزئة لمجموعة وقائع من دون مجموعة الأعداد. وسبق للجبريين واللغويين أن أنتجوا بعض طرائق هذا التحليل واستخدموها. هكذا اكتشف الرياضيون واللغويون العرب التحليل التوافيقي. وكشف رشدى راشد، من جهة التراث الديني، لدى عالم الرياضيات المسلم الكلاسيكي، عن تفكير معين حول الرياضيات، أو عن فلسفة محددة فى الرياضيات لم تصدر عن فيلسوف إنما صدرت عن عالم رياضيات. لم يبن الرياضى فى اللغة العربية، نظاما فلسفيا ، إذا ما قورن بالنظم الميتافيزيقية الشهيرة فى ما سمى باسم القرون الوسطى فى التأريخ الغربى التقليدي. فهى نتاج الرياضى فى أثناء ممارسته الرياضيات. لذلك لم يذكره مؤرخو الفكر فى ما سمى باسم العصر الوسيط فى التواريخ التقليدية، الذين استحوذت عليهم الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو الفقه، أو ردة الفعل التقليدية على تلك الاتجاهات التى مثلها آنذاك ابن حزم وابن تيمية. وذلك مع أن الفكر فى ما سمى باسم العصر الوسيط والذى استحوذت عليه الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو علم أصول الفقه، استعار موضوعه، من بابوس أوبرقلس، أى أن الفكر فى ما سمى باسم العصر الوسيط الذين استحوذت عليه الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو علم أصول الفقه، استعار موضوعه من التراث اليونانى القديم. ولم يغير أطر التفكير الإغريقي، سوى الرياضي، وغيره من العلماء، فى أثناء بحثهم العلمى الدقيق.

ذلك هو مشروع رشدى راشد : كيف بالإمكان تحديد التغيرات الفعلية فى الأسلوب وتعيين ظواهرها بدقة إذا كان علماء القرن السابع عشر قد ظهروا بعد إقليدس وديوفنطس ؟ كيف بالإمكان أن يجتنب مؤرخ العلوم صياغة حكم كلى على تاريخ الرياضيات الكلاسيكية وفلسفتها؟

إن معرفة تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها تؤسس لطرح مسألة أسلوب هذا العلم والمساهمة المجددة للقرن السابع عشر الميلادي، فى أفق آخر. فإن العودة إلى الرياضيات العربية غير مطروحة لدى معظم المؤرخين، إذ إن المتخصصين يتفقون على أن الرياضيات فى اللغة العربية لم تتميز من جهة اكتشافاتها ولا بأهمية نتائجها.

لأنه لا يملك حلما ولا واقعا، أقبل جيل ثورة يوليو والأحلام تتساقط الواحد بعد الآخر، والواقع الجديد له لغته الخاصة. كان المثقف الليبرالى يناضل ضد الاستعمار والتخلف ففاجأته حركة يوليو بالاستقلال الوطني. وكان عليه أن يفرح. غير أنها فجعته فى ليبراليته. فحزن. وكان المثقف الحر يناضل ضد الاستعمار والإقطاع والفئات العليا فحققت له حركة يوليو اقتصادا وطنيا متقدما. وكان المثقف اليسارى يناضل ضد الاستعمار والاستغلال ولم تتواز أحلامه مع واقع حركة يوليو. وقد خلق هذا الواقع من أعظم أبناء أجيال النصف الأول من القرن العشرين أبطالا منقسمين على أنفسهم.

٥- مسار رشدى راشد

فى عقد الخمسينيات من القرن العشرين، غادر رشدى راشد البلاد من قبل غيره من الباحثين الى أنحاء العالم بحثا عن مدينة فاضلة أخري. وارتحل على مدار الأربعين عاما الأخيرة بين أغلب عواصم العالم بحثا عن حلم آخر. وتعرفت إليه لأول مرة فى العاصمة الفرنسية باريس فى عقد التسعينيات من القرن العشرين حين قارب مشروعه العلمى الفذ من الاكتمال.

إن العلم فى حياته وسيلة لمزيد من المعرفة. فموهبته الكبيرة ليست محصورة فى الرياضيات الخالصة وإنما هو مشغول كذلك بالإجابة عن سؤال الفلسفة. وتلعب الأخلاق دورا حاسما فى حياته العامة والخاصة على السواء، إذ لم تعنه المناصب، وإن تقلد مواقع علمية مهمة وعديدة- ولا الأضواء ولا المال، فكان حرا من القيود البلهاء التى تكبل غيره وتدفع بهم أحيانا إلى مهاوى الخطأ. وإذا كان ذكاؤه قد تسبب فى تطوره الفكرى حيث انحاز أيام عبد الناصر لحلم الثورة الوطنية ومشروعها الثقافى إلا أن أخلاقه الرفيعة قد نأت به عن التأييد غير المشروط.

وبين الشد والجذب وبين المد والجزر، ظل رشدى راشد أمينا للفكر الوطنى المصرى الأصيل. وهو أحد النادرين من هذا الجيل الذين جمعوا جمعا حقيقيا وعميقا بين المعرفة بالتراث العربي-الإسلامى والتراث العالمى على حد سواء. مع ذلك، هو ليس من التوفيقيين الذين يلفقون حزب الوسط الثقافي، بل هو من الذين يقيسون التراث وغيره بمدى قربه أو بعده عن الحاجات الأساسية للعلم. احتفظ من صباه إذن بالقيم الأخلاقية التى تَرَبَّى عليها، وبمحبة التراث العربى والتراث العالمى كجزأين جوهريين من هويته الوطنية والعالمية،

ويحرض زملاءه على اكتشاف مختلف مكونات التراث الإنسانى والعربى قبل الحكم عليها، إذ هو عدو لدود للادعاء. قاده ذلك كله إلى الإيمان العميق بالعلم. فقد حل نمط معين من أنماط الانتساب إلى الفكر العلمى فى عقله ووجدانه محل الأفكار القديمة. وقد حل له هذا التحول مشكلات عديدة بشأن الهوية والانتماء، إذ تبلور الانتساب إلى العلم عنده من دون الانفصال عن الوطن والثقافة القومية والحضارة العربية، أى أن الفكر العلمى هو الوعاء النظرى العام: تاريخ الجبر وفلسفته؛ النظرية الكلاسيكية فى الأعداد؛ المناظر الهندسية والمناظر الفيزيائية؛ البنيات الهندسية والرياضيات التحليلية؛ تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية من الجهتين: التاريخية والفلسفية.

أما الوحدة المعاصرة، فقد أدرك رشدى راشد أنها مستحيلة التحقيق بغير العلم. ولعل بعض المعاصرين من الأجيال الجديدة لا يعرفونه المعرفة الدقيقة. فقد أدى تواضعه الجم إلى نوع من الانطواء والتقوقع داخل الدائرة الضيقة جدا من الأصدقاء. وإذا كانت هزيمة ١٩٦٧ قد أصابت الجيل بزلزال عنيف، فقد اختلفت انعكاساتها من فئة إلى أخرى ومن فرد إلى آخر. أما رشدى راشد فقد شعر أنه شخصيا قد هزم. مع أنه لم يكن بحوزته سلطات أو صولجان. فهو مثقف يعيش الحلم ويكتفى بموقعه مجرد عامل بناء فى مشروع لم يكتمل. وببصيرة ثاقبة أدرك أن الزمن القادم هو زمن العلم وحده. وقد مثل عمل رشدى راشد جزءا لا ينفصل من المرحلة المعاصرة من تاريخ الإنسانية، حيث الاهتمام موجه بالدرجة الأولى إلى "علوم الرياضيات"، والى تطبيق الرياضيات على العلوم الإنسانية والاجتماعية. ذلك أن الحضارة الحديثة تميل إلى تغليب التقنيات على المظاهر الإنسانية، وتعمل بذلك على إخضاع الكائن البشرى إلى ما ينبغى أن يظل مجرد وسائل تخدم تحرير هذه الغاية. لذلك، يتحتم إعادة التوازن فى هذه الحضارة بين الرياضيات والفلسفة.

ويهدم رشدى راشد الرؤية الأنثروبولوجية -فى اللغة اليونانية *ANTROPOS /LOGOS* ، وفى اللغة الفرنسية *ANTHROPOLOGIE*، وفى اللغة الألمانية[١٢] *ANTHROPOLOGIE* وفى اللغة الإنجليزية *ANTHROPOLOGY* وفى اللغة الإيطالية *ANTHROPOLOGIA*، اللاهوتية، والمدرسية، والحديثة، فى التأريخ للرياضيات العربية وفلسفتها. ذلك أن رشدى راشد يذكرنا بأن ذلك العهد الذى طال واعتبر الإنسان الأوروبى فيه نفسه مركزا لاهوتياً للكون قد انقضي. ومن هنا رفض التعارض الضدى أو الثنائية الضدية بين نوعين من الشعوب: نوع يزعم أن له قابلية ومؤهلات خاصة للعلم ، ونوع لا علم له ولا مؤهلات طبيعية (ولم يسبق له قط أن ابتكر ابتكارا واحدا فى خدمة البشرية لأنه يتعذر عليه أن يستنبط أى شيء جديد). فهى ثنائيات تعيد صياغة الثنائيات التى مضى عهدها : الخير والشر، الصح والخطأ، الداخل والخارج، الإيجاب والسلب، القبيح والجميل، العمودى والأفقي. فمفهوم ثنائية الشر المطلق، من جهة، والخير المطلق، من جهة أخري، أو مفهوم ثنائية الباطل المطلق، من جهة، والحق المطلق، من جهة أخري، أو مفهوم ثنائية القبح المطلق، من جهة،

والجمال المطلق، من جهة أخري، هو جوهر "درجة الصفر فى التفكير"، وهى درجة الصفر التى تقف خلف الإرهاب السياسى باسم الدين والإرهاب الدينى باسم الديمقراطية. ذلك أن الإرهاب، يصدر عن تجريد المبادئ من واقعها. لابد لنا أن نتجاوز ثنائية الخير والشر، أو كما قال فريدريش نيتشه، لابد لنا أن نتكلم "من وراء حدود الخير والشر. مقدمة لفلسفة المستقبل" (١٨٨٦).

إن النقطة المحورية هنا بالضبط، فى المعنى العكسى كليا للفلسفة الغربية المسيحية والفلسفة العربية-الإسلامية، على حد سواء، فى تجاوز العلاقة بين الخير والشر. فنحن نعتقد اعتقادا ساذجاً بأن تقدم الخير وصعوده القوى فى المجالات كلها (العلوم، التقنية، الديمقراطية، حقوق الإنسان) يهزمان الشر. لكن أحدا لم يفهم أن الخير والشر يصعدان بقوة فى وقت واحد معا وبحسب حركة واحدة.

باسم "علم" مزيف للطبيعة البشرية، إذن، تشوه طبيعة الإنسان ، بغية تفسير سيطرة بعض الشعوب على شعوب أخري. فالثقافة الوطنية لدى الفرد أو الشعب ، قوام لكيانه. كذلك كل ثقافة، إنما تتمووسط ثقافات مختلفة. فمجموع الثقافات العالمية هى التربة الضرورية لنمو كل واحدة منها ، وهذه التربة هى الحضارة الإنسانية. وتنطوى مسألة التفاعل بين الثقافات الوطنية المتنوعة -سبق أن أشرنا إلى أن فدريكو مايور، مدير عام منظمة اليونسكو الأسبق، منح رشدى راشد جائزة "ابن سينا" لحوار الحضارات- على عدد ملحوظ من المظاهر، إلا أن رشدى راشد يعرض لتطور الرياضيات التاريخي، والمزايا الخاصة بكل منها، كما يركز جهده فى محاولة اكتشاف وتحليل العامل الرئيسى الذى يلعب دور العنصر الجوهرى المشترك بين الثقافات كافة، على اختلاف أنواعها. ولذا ، كلما أدركت الثقافة الوطنية أصالتها ، شعرت بضرورة التفتح ، لأنها تعيش فى تكامل مع الثقافات الأخرى (١٣) .

سرعان ما يتحول التساؤل حول الصلة بين العلم والدين إلى تبنى مواقف دفاعية وتمجيدية، أو على العكس من ذلك، إلى الكشف عن نيات الشك والانتقاد، وذلك نتيجة غيبة المعرفة اللازمة بالظروف التاريخية للصلة بين العلم والدين. ومن ثم فإن المؤلفين – سواء كانوا من المدافعين أم من النقاد- لا يختلفون فيما بينهم إلا فيما يتعلق بالوسائل المتاحة لهم للدفاع عن مقاصدهم وإخفائها فى الوقت نفسه. وبذلك يقيمون آراءهم على أساس مصنوع يعكس لغة عصرهم وتصوراته.

لا يصور التاريخ العلم والدين باعتبارهما كيانين خالصين، إنما يصورهما بوصفهما ينسجان علاقات محددة بين حقيقتين تاريخيتين. فما نقصد عرضه هنا إن هو إلا مساهمة رشدى راشد فى نظره إلى التساؤل الكبير المتعلق بالصلة بين العلم والدين – وهو تساؤل جد طموح. فالأمر يتعلق بتقديم تاريخ العلوم الدقيقة فى اللغة العربية منذ القرن العاشر الميلادى على وجه التقريب وبصورة عامة تارة، وبصورة خاصة، تارة أخري. فالواقع أن ذلك يمثل – على وجه الإجمال – منهجا أكيدا – إن لم يكن مباشرا – لشرح الصلات بين الإسلام

والعلم فى أثناء فترة معينة من تاريخ كل منهما. ومن ثم يصبح بالإمكان فهم الكيفية التى تم بها نقل العلوم العربية إلى أوروبا فى العصر الوسيط وما سمى باسم "عصر النهضة".

لم يكد يمضى على وفاة النبى الكريم - ٦٣٢م - بضعة عقود - حتى كانت " دار الإسلام " تضم الجزء الأكبر من أقاليم الإمبراطورية البيزنطية وكذلك جملة أقاليم الإمبراطورية المنافسة لها وهى الإمبراطورية الفارسية. وكانت هذه الأقطار تحوي- فى منتصف القرن السابع الميلادى - أشهر المراكز الثقافية للعلم الهيلينستى وهى : الإسكندرية وإنطاكية، ولمؤسسات دولة جديدة - تلك المؤسسات التى تعين عليها أن تكون على مستوى توسع إقليمى متميز. كان عليها مراعاة الفرق الكبير بين الشعوب التى اعتنقت الإسلام، وكذلك تعريب هذه المؤسسات، عدا المواجهة المستمرة حينذاك بين الإسلام والأديان السماوية الأخرى التى نشأت فى هذه الأقطار نفسها، والمذاهب الفلسفية المتباينة التى كانت لا تزال سائدة فى هذه المناطق. كل هذه العوامل أسفرت عن قيام ممارسات علمية تميزت بها الخلافة الجديدة. كانت الأساس الذى استندت إليه حركة استعادة التراث العلمي- الفلسفى برمته وتطويره .

ولقد شهدت نهاية القرن السابع الميلادى تطورا متميزاً للدراسات اللغوية - بما فى ذلك تأليف المعاجم كعلم وفن. وشهدت وضع نظرية تقنية تامة فى العلوم الفقهية. وشهدت وضع علم الكلام الذى كان ممثلوه يحلون مسائل الفلسفة الطبيعية بطريقة متميزة.وكانت هذه الممارسات المكثفة فى اللغة، والفقه والكلام، وعلم التاريخ والنقد التاريخي، تميز أوساط العلماء الذين تداخلت اهتماماتهم فى العلوم " العربية " فى حين أن العلوم الأخرى كانت تسمى " علوم الأوائل ". نشأت العلوم " العربية " فى ضوء الإسلام، دينا ولغةً ومجتمعاً مدنياً. لا تعود تلك النشأة إلى أهميتها فى نفسها وحسب إنما تعود إلى أنها كانت أساس إمكانات متميزة ولا سيما فى مجال تطوير العلوم الدقيقة. ذلك أن أهمية الإسهام العلمى للقدماء قد ظهرت أول ما ظهرت فى أوساط المتكلمين- الفلاسفة. وليس من قبيل المصادفة أن الكندى - وهو أول فيلسوف عربى بالمعنى اليونانى لكلمة فيلسوف - والذى عاش فى أثناء النصف الأول من القرن التاسع الميلادى - كان ينتمى إلى هذه الأوساط . إن الخلفاء فى بغداد - كالمأمون - وهو أيضا كان ينتمى إلى هذه الأوساط نفسها - هم الذين كانوا يوفدون البعثات العلمية بحثا عن المخطوطات اليونانية ويحثون على ترجمتها. وأنشأ هؤلاء المعاهد العلمية - " دور الحكمة " - التى ضمت المكتبات والمشافى والمراصد اللازمة لأغراض البحوث العلمية. هذا وقد توافر فى بلاط الخلفاء - ومن بين رجال الدولة المتأثرين بالتيار الكلامى - الفلسفى - الوزراء وأنصار الآداب والفنون والعلوم الذين كانوا يبذلون- كالخلفاء - قصارى جهدهم لدعم وتشجيع ممارسات البحوث العلمية.

فعلماء اللغة وفروا التقنيات اللازمة لأعمال الترجمة العلمية من اللغة اليونانية بشكل أساس. فقد شهد القرن التاسع الميلادى حركة ترجمة متميزة. ولم تسبقها حركة أخرى بمثل هذه الضخامة، ولا بمثل وسائلها العامة

والخاصة. فتمت– منذ نهاية القرن التاسع الميلادى – ترجمة مؤلفات أقليدس وأرشميدس وأبولونيوس وبطلميوس وديوفنطس والمجموعة الأبقراطية وجالينوس وأرسطوطاليس وبروقلس وغيرهم.

توافر فى نهاية القرن التاسع الميلادى للرياضيين الذين كانوا يكتبون فى اللغة العربية، مجموعة علم العدد الهلنستى مترجمة إلى لغتهم وهى مقالات علم العدد فى كتاب "الأصول" لأقليدس وكتاب "المدخل إلى علم العدد" لنيقوماخوس الجيرازي، و"المسائل العددية" لديوفنطس الاسكندراني. توصل هؤلاء الرياضيون – لأول مرة فى ذلك العصر – إلى تأسيس الجبر كعلم قائم بنفسه. وهو التأسيس الذى انطلق منه رشدى راشد فى تأريخه للرياضيات وفلسفتها.

ولابد لى فى ختام مقدمتى من شكر الأستاذ الدكتور بدوى المبسوط (١٩٤٣ فى لبنان/طرابلس) أستاذ الرياضيات بجامعة بيار ومارى كورى (باريس ٦) بفرنسا، وهو أستاذ الرياضيات التطبيقية فى الميكانيكا السماوية والميكانيكا الحيوية، وفى تاريخ العلوم العربية. راجع الأستاذ الدكتور بدوى المبسوط الكتاب، وصوبه ودققه فى الرياضيات. ولابد لي، كذلك، فى ختام مقدمتي، من شكر الأستاذ الدكتور ريجيس مورلون، مدير معهد الدراسات الشرقية بالقاهرة، ومدير مركز العلوم العربية الوسيطة بالمركز القومى الفرنسى للبحث العلمي، ورئيس لجنة دراسات الماجستير والدكتوراه فى فلسفة العلوم بجامعة جوسيو–باريس٧ بفرنسا، لتشجيعه وإصراره على الدفع بمشروع الكتاب إلى الأمام حتى دعانى للإقامة لمدة شهر فى رحاب المركز القومى الفرنسى للبحث العلمى فى صيف عام ٢٠٠٣ . ولابد لي، أخيراً، من شكر الأستاذ جون جاك بيرينيس، أمين عام معهد الدراسات الشرقية بالقاهرة، والأستاذ رُنيه فانسون، أمين مكتبة الدومينيكان بالقاهرة، مساعدتى فى الحصول على مصادر عدة من مراجع الكتاب، مخطوطة ومطبوعة، عربية وأجنبية ، والأستاذ/كريستوف دوبوفيه المستشار العلمى الفرنسى بالشرق الأوسط .

الهوامش :

1) *Maurice Clavelin, La philosophie naturelle de Galilée, complété par la traduction en langue francaise, des Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles, Paris, A. Colin, 1968* .

2) *Maurice Boudot, Logique inductive et probabilité, Paris, A. Colin, 1972.*

3) *Karl Popper, Objective knowledge, A realistic view of logic, physics, and history, CUP, 1972.*

بحث كارل بوبر، فى منطق الكشف العلمي، الفصل الأول، فى بعض المسائل الأساسية كمسألة الاستقراء، والنزعة النفسية (موضع الحَدْس *EINFUHLUNG* أو "العشق الفكري" فى النظرية العلمية)، واختبار النظريات واستنباطها، والفرق بين العلوم التجريبية والنظم الرياضية والمنطقية (خلافه مع الوضعية القديمة، وفلسفة فتجنشتين، وأينشتين، وشليك، وغيرهم من الفلاسفة والعلماء الغربيين) ، والخبرة كمنهج علمي، والتكذيب المنظم والمنسق للنظريات العلمية، والموضوعية فى العلم، والقناعة الذاتية، وغيرها من مسائل التأسيس الميتافيزيقى للعلم، ورفض النظريات التكذيب على مستوى الخبرة، إنما التكذيب هو استنباط أو اختبار لانهائى *AD INFINITUM* على مستوى الشكل المنطقى للنظريات، وهويتم لأنه لا توجد عبارات نهائية فى العلم.

أنظر، فيما يتعلق بكارل بوبر، أهم دراسة عن كارل بوبر فى اللغة العربية، حتى الآن : د. يمنى طريف الخولي، "فلسفة كارل بوبر، منهج العلم.. منطق العلم"، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٨٩؛ وأنظر فيما يتعلق بتصور تطور العلوم فى التاريخ العربى : حاجي خليفة، "كشف الظنون"، دار إحياء التراث العربي، ١٩٤١، ص ٢٧١-٣٣٤ .

٤) شيث نعمان، "العمل العلمى ومؤسساته فى البلاد المبتدئة"، وزارة الثقافة والفنون، العراق، ١٩٧٨ .

٥) د. وائل غالي، "أوهام المستقبل"، القاهرة، دار الثقافة، ١٩٩٨، ص ٢٣٩-٢٤٨ .

٦) رشدى راشد، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، تحقيق وتقديم ودراسة، ج١ : "المؤسسون والشارحون"، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ١٩٩٦ ؛ ج٢ : الحسن بن الهيثم، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ١٩٩٣؛ ج٣ : الحسن ابن الهيثم، القطوع المخروطية، الأعمال الهندسية، الهندسة العملية، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٠؛ ج٤ : الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢، (فى اللغة الفرنسية)؛ "المدخل الى تاريخ العلوم" (تأليف مشترك)، ج١: العناصر والأدوات، باريس، دار هاشيت، ١٩٧١؛ ج٢ : الموضوع والمناهج. نماذج، باريس، دار هاشيت، ١٩٧٢ (فى اللغة الفرنسية).

أنظر من جهة أخري، فى ما يتعلق باللامتناهى فى الأدب والفن :

Philippe Sollers, Eloge de l'infini, Edition complété par un index des noms et des oeuvres cités, Paris, Gallimard, Folio, 2003.

7) *Nicolai Copernicus Torinensis, De Revolutionibus Orbium Coelestium, libri VI, Norimbergae, 1543.*

8) *R. Rashed, Diophante dAlexandrie, Les arithmétiques, Paris, Les Belles Lettres, 1984.*

9) *Alexandre Koyré, La révolution astronomique, Copernic, Kepler, Borelli, Paris, Hermann, 1961.*

10) *Histoire des sciences arabes, sous la direction de Roshdi Rashed, avec la collaboration de Regis Morelon, trois tomes, Paris, Seuil, 1997.*

رشدى راشد (تحرير)، ريجيس مورلون (سكرتير التحرير)، "موسوعة تاريخ العلوم العربية"، مركز دراسات الوحدة العربية، مؤسسة عبد الحميد شومان، سلسلة تاريخ العلوم، ثلاثة أجزاء، بيروت-لبنان، الطبعة الأولي، ١٩٩٧ . أنظر بخاصة الجزء الثانى عن الرياضيات والعلوم الفيزيائية، الرياضيات العددية، الجبر، الهندسة، المثلثات، الرياضيات التحليلية.

11) *Roshdi Rashed, Géometrie et dioptrique au X e siècle, Ibn Sahl, Al-Quhi et Ibn al-Haytham, Paris, Les Belles Lettres, 1993.*

12) *Immanuel Kant, Anthropologie in pragmatischer hinsicht, in Immanuel Kant Schriften zur Anthropologie, Geschichts-philosophie, politik und Padagogik 2, Werkausgabe Band XII Mit Gesamtregister Herausgegeben von Wilhelm weischedel, Suhrkamp taschenbuch wissenschaft, Insel Frankfurt Verlag, 1964, s. 399-690.*

١٣) د. أحمد سعيد دمرداش، "الرياضيات عند العرب ينبوع الفكر الرياضى الحديث"، فى : "التراث العربي"، دراسات، كتاب التراث العربي، القاهرة، جمعية الأدباء، ١٩٧١، ص ١٠٩-١٣٧ . وهناك فرق بين القول بأن الرياضيات عند العرب هى ينبوع الفكر الرياضى الحديث، وبين القول بأن الرياضيات عند العرب هى الفكر الرياضى الحديث نفسه.

سفر البداية

الباب الأول

توسيع المجال التاريخى للرياضيات الكلاسيكية

الفصل الأول

"فينومينولوجيا" الرياضيات العربية

" لا يمثل تاريخ العلوم تمهيدا للكتب العلمية"

جورج كونجيلام

I – المدخل التاريخى لإبستمولوجيا العلوم التاريخية

العلم فى الأصل مصدر من علم، وعلم الشيء أى عرفه، وبذا يكون علما كل ما دخل فى علم البـشر. إلا أن هذا المعنى العريض للفظ قد ضيق دائرته الاصطلاح المعاصر. فالعلم مجموعة من الدراسات لها غـرض معين ومنهج واضح ودائرة محددة.

فأما عن الغرض فهو الوصول إلى المعرفة؛

و أما عن المنهج فإن العلم يستخدم فى بحثه نتائج الخبرة المباشرة من طريق الحواس كما يستخدم التفكيـر المنظم؛

وأما عن دائرة العلم فهذه هى الطبيعة أو هى كل ما يمكن أن يشاهد بطريق مباشرة أو غير مباشرة.

برهن رشدى راشد أن الطريق، فى تاريخ العلوم، إلى الكشف العلمى ليست طريقـا مباشـرة ولا طريقـا قصيرة. وأما عن دائرة الكشف العلمى فهى ما يمكن أن يشاهد بطريق غير مباشرة. وأما عن المـنهج فـإن العلم يستخدم فى بحثه نتائج خبرته المباشرة بالمخطوطات العربية القديمة من طريق الحواس كمـا يـستخدم التفكير الرياضى والتاريخى والفلسفى المنظم. فأما عن الغرض فهو الوصول إلى معرفة رياضية–تاريخيـة– فلسفية أخرى. فالعقبة النظرية لا تعوق طريق العلم وحسب إنما تؤدى –جدليا– دورًا كـشفيًا ، مـن خـلال تحديدها للمسألة تحديداً دقيقاً.كانت صناعة الجبر والمقابلة، لدى الخيام، تمثيلا لا حـصراً، أحـد الـمـعانى (*notion; noêma; intentio*) الأساسية فى الجزء الرياضى من الفلسفة النظرية. وصناعة الجبر والمقابلـة، لديه، هى استخراج المجهولات X العددية والمساحية. وفى المجهولات X العددية والمساحية أصناف تحتـاج إلى مقدمات صعبة. أما الرياضيون السكندريون المتقدمون فلم يصل إلى الخيام منهم بحث فيها ، لعلهـم لـم يتفطنوا لها أو لم ينقل إلى لسانـه بحثهم فيها. وأما المتأخرون فقد حلل أبو عبد الله محمد بن عيـسى أحمـد

الماهانى (٨٢٥م–٨٨٨م) المقدمة التى استعملها أرشميدس بوصفها مسلمة فى الشكل الرابع من المقالة الثانية من كتابه فى "الكرة والأسطوانة"، تحليلاً جبرياً، فوصل الماهانى إلى كعاب وأموال وأعداد متعادلة فلم يحلها. فجزم بأنه ممتنع حتى حلها رياضى من بداية القرن العاشر الميلادى هو أبو جعفر الخازن بالقطوع المخروطية. وحل بعض المهندسين من بعد الخازن بعض المسائل. وليس لواحد من المهندسين فى إحصاء أصنافها وتحصيل أنواع كل صنف منها والبرهان عليها بحث مرجعى إلا فى صنفين ذكرهما الخيام. وكان الخيام شديد الحرص على تحقيق جميع أصنافها وتفريق الممكن من الممتنع فى أنواع كل صنف ببراهين. إن موضوع الجبر هو العدد المطلق والمقادير الممسوحة من حيث هى مجهولة X ومضافة إلى شىء معلوم به يمكن استخراج المقادير المجهولة، وذلك الشىء المعلوم إما كمية وإما نسبة، على وجه لا يشارك (*incommensurable*) –كما لدى الجبريين أمثال ديوفنطس، والكرجي، والسموأل، ومترجمى اليونان وعبارة أقليدس فى الحد الأول من المقالة العاشرة من كتاب "الأصول"– الكمية والنسبة فى العدد المطلق والمقادير الممسوحة غير الشيء المعلوم. والمقصود ثانياً فى جبر الخيام ومقابلته هو استخراج المجهولات العددية أو المساحية. والمقادير هى الكمية المتصلة، وهى أربعة :

١– الخط؛

٢–السطح ؛

٣– الجسم ؛

٤– الزمان.

و ذلك كما ورد فى كتاب المقولات لأرسطو "قاطيغورياس" على وجه الإجمال (٦)، وفى كتاب "السماع الطبيعي" (٤، فصول ١ إلى ٥) فى كتاب "الحكمة الأوّلى" أو كتاب "الميتافيزيقا"، على وجه التفصيل (ى، ١، سطر ١٠٢٠ وما بعده). وفى كتاب "المقولات" أورد أرسطو المكان تحت جنس المتصل. وأعد ابن الهيثم المكان نوعًا قسيمًا للسطح تحت جنس المتصل فى كتابه "المقولات" (بحث ابن الهيثم "عن المكان"). وقد صحح الخيام، ابن الهيثم، أن المكان هو سطح بحال ، وموضع تحقيقه غير ما نحن فيه ، ولم تجر العادة بذكر الزمان فى الجبر ، ولو ذكر لجاز. فى كتاب الخيام عن الجبر والمقابلة، إذن، تستحيل بعض المسائل من حيث العدد. وأما بالهندسة فلم تعد، لدى الخيام، المسألة مستحيلة. وصار البرهان عليها من جهة العدد ممكناً عند تصور برهانه الهندسي. ومن ثم فقد أدت الاستحالة العددية إلى توليد البرهان الهندسى على المسألة العددية وبالتالى إلى إنشاء فصل جديد فى الرياضيات هو الهندسة التحليلية أو الهندسة الجبرية.

من هنا كان مجال تطبيق التحليل الهندسى عند إبراهيم ابن سنان ابن ثابت ابن قـرة، تمثـيلا لا حـصرا، استخراج المسائل وليس البرهان على النظريات، فى المقام الأول. لذلك أراد إبراهيم ابن سنان ابن ثابت ابـن قرة أن يبين أن أكثر من رسم منهجا للدارسين فى استخراج المسائل الهندسية، من المهندسين، قد أتى بـبعض الأمر المحتاج إليه فى استخراج المسائل الهندسية، ولم يأت بجميع المسائل الهندسية. بعبارة أخـرى، هنـاك مسائل كثيرة تواجه الباحث المعاصر فى ظاهرة نشوء العلم العربى وتطوره. وهى مسائل تكتنف إجاباتها عدة مسائل منهجية سواء بالنسبة إلى ظاهرة العلم العربى أم بالنسبة إلى اللحظة التاريخية الراهنة. بعبارة أخـرى، قالوا : كل علم من العلوم لا بد فيه من أمور ثلاث : الموضوع، والمسائل، والمبادئ ، وهذا القول بناه بعض القدماء العرب على المساحة، فإن حقيقة كل علم مسائله، وعد الموضوع والمبادئ من الأجزاء، إنما هو لشدة اتصالهما بالمسائل التى هى المقصودة فى العلم. وأهم المسائل فى تاريخ العلوم هى مسألة الريادة التاريخية.

I-١- مفهوم الريادة فى العلم

اختتم مصطفى نظيف محاضرته التذكارية الأوّلى عن الحسن ابن الهيثم عام ١٩٣٩ بمدرج الطبيعة بكليـة الهندسة قائلا إنه : " يأتى على العلم حين من الدهر ، يكون العلم أحوج ما يكون إلى " رائـد " يلـم بنواحيـه وجزئياته تفصيلاً ، ويدرك إدراكا صحيحاً مواضع الضعف فيه وثغرات النقص فى حدود ومبادئه ، فيـشرف عليه من عل ، ويصلح العيب ، ويتم النقص ، ويثبت الصحيح، ويحذف الباطل ، ويؤلف الوحدة التى تجمـع بين الأشتات ، وتزول معها الشبهات ، فيكون الخلق لعلم بعد أن لم يكن ، أو النشأة الجديدة غير النشأة الأوّلى لعلم موجود . وقد كان نيوتن " رائد " علم الميكانيكا فى القرن السابع عشر ، وكان ابن الهيثم فـى نظـرى " رائد " علم الضوء فى أوائل القرن الحادى عشر. وما أحوج علم الطبيعة الحديث إلـى " رائـد " مـن هـذا الطراز !"[١]

قد يبدو من المثير للدهشة أن يلجأ عالم طبيعة من طراز مصطفى نظيف إلى منهجية الريادة فـى تـاريخ العلوم على حين هى ليست منهجية طبيعية ولا منهجية هندسية إنما هى منهجية دينية مـن جهـة مـصدرها الأصلي. ففى الكتاب المقدس[٢]، تقول الآية : "حيث دخل يسوع كسابق لأجلنا صائرا على رتبة ملكى صادق رئيس كهنة إلى الأبد."؛ "هذا جاء للشهادة ليشهد للنور لكى يؤمن الكل بواسطته، لم يكن هو النور بل ليـشهد للنور."[٣] وقد علق المفكر الفرنسى جاك بنين بوسويه *BOSSUET (1627-1704)* فى القرن الـسابع عـشر الأوربى على هذا المدلول الدينى للسبق، من منظور ديني-لاهوتي، وعلـق الفيلـسوف الـدنمركى سـورن كيركجارد *Soren KIERKEGAARD (1813-1855)* بدوره على البعد الدينى فى السبق، فى القـرن التاسـع عشر، من منظور دينى وجودي.

فى ضوء هذا المعنى، يبدو رشدى راشد وكأنه يحارب على جبهتين : الجبهة العربية، والجبهة الغربية.

١-١- الإبستمولوجيا التكوينية

و أما عن الجبهة العربية فنضرب مثلا بما قاله المفكر الجزائرى محمد أركون، أستاذ الفكر الإسلامى والإسلاميات بعامة وأستاذ كرسى الفكر الإسلامى بجامعة السوربون ورئيس شعبة الدراسات العربية- الإسلامية بجامعة السوربون الجديدة بباريس بفرنسا. قال محمد أركون إن الإنتاج الثقافى العربى المعاصر يغيب عنه النظر الابستمولوجى : "هناك إنتاجات، بالطبع، من مستويات عدة ولكن النظر الابستمولوجى يقوم بالذات على النظر إلى الائتلاف فى مختلف النشاطات التى يبلورها الفكر فى ثقافة ما، وفى فترة ما؛ هذا البحث عن الائتلاف والمراقبة لمختلف أنواع الخطاب العلمى التى أنتجها الفكر العربى المعاصر غير موجود ومن ثم لا نستطيع قول شيء عن الابستمولوجية العربية الكلاسيكية وبالمقدار نفسه لا نستطيع الحديث عن إبستمولوجيا للفكر العربى المعاصر {...} وبالمقابل فإن هناك انقطاعا، كأن تجد عربيا حقق تقدما أو سبقا فى ميدان الفيزياء، مثلا، أو ميدان السوسيولوجيا. إنها نشاطات متقطعة {...} فى حين لا يوجد شيء من هذا فى ممارسة الفكر العربى المعاصر، وما نجده مهيمنا هو خطاب من الطراز الأيديولوجي، السياسى القتالي." [٤]
وقال محمد عابد الجابرى من جانبه بشأن الرياضيات العربية : "عرف العرب رياضيات الإغريق وحساب الهنود، ولكن معرفتنا نحن بما عرفوه ما تزال ناقصة. ولذلك لن يكون فى إمكاننا تقديم صورة واضحة بقدر كاف عن المعرفة الرياضية، ونوعية التفكير الرياضى عند العرب "[٥] مع ذلك تلتقى منهجية محمد عابد الجابرى ورشدى راشد فى نقطة البحث عن التكوين *CONSTITUTION*. فمحمد عابد الجابرى يبحث فى "ضبط" *REGULATIV* العقل العربي[٦] . يبحث رشدى راشد فى إتمام معرفتنا "بتكوين" *CONSTITUTIV* الرياضيات العربية الكلاسيكية. والفرق أن محمد عابد الجابرى يبحث فى العقل العربى المكوَّن أو السائد بينما يبحث رشدى راشد فى الرياضيات المكوِّنة أو الفاعلة. بعبارة أخرى، يبحث محمد عابد الجابرى فى جملة المبادئ والقواعد التى تقدمها الثقافة العربية للمنتمين إليها كأساس لاكتساب المعرفة، على حين يبحث رشدى راشد فى النشاط الرياضى العربى فى الفترة الكلاسيكية.

بحث رشدى راشد عن التأسيس للموضوعية التاريخية للرياضيات العربية وحددها وعين شروطها. فالمبادئ التكوينية هى تلك المبادئ التى تحدد الموضوع بوصفه تكون *BESCHAFFEN*. ويحيل رشدى راشد إذن إلى استعمال القواعد لا إلى جملة القواعد والمبادئ التى تتعلق بالثقافة العربية بوجه عام وبالنظام المعرفى العربي. درس رشدى راشد المعرفة العلمية العربية كعملية وكنشأة ونمو وتطور. وهى الدراسة التى لم يقم بها الطرح التقليدى لمسألة المعرفة العلمية، بل انصرف الطرح التقليدى عن دراسة التطور الفعلى

للمعارف العلمية. وهكذا فما تعلق بتعدد الوقائع، وتنوع خصائص العلوم، وأزماتها التـــي رجـــت نظرياتهـــا الأساسية، واكتشافاتها التى أسست لتوسعها النظري، والثورات التى أعادت لها الحياة، والبحوث التى أســـست لاستمرارها فى الحياة، كل ذلك كان غائبا عن الطرح التقليدى للمعرفة العلمية. وقد غاب ذلـــك كلـــه نتيجـــة الاعتقاد فى وحدة العلم، وفى سيره المتصل، وفى طبيعة العلم التجريبي، وفى تحديد موضوع تـــاريخ العلـــوم من حيث هو تاريخ للمناهج والنتائج، على حين يتمثل مشروع رشدى راشد فى استعراض مجموعة الأعمـــال فى اللغة العربية التى يصدق عليها الرياضيات الكلاسيكية الأوربية الحديثة. وهو مشروع أقرب إلى مـــشروع توليو جريجورى عن "تكوين العقل الكلاسيكي".(٧)

أ- دور العلماء العرب

هناك إذن العقبة التى تتمثل فى قول بعض المستشرقين وبعض الباحثين العرب المغتـــربين عـــن الـــشرق وحضارته، وهى إنكار أى دور ريادى للعلماء العرب فى تاريخ العلوم. وهناك الموقف العكسى الذى لا يقـــل خطورة عن الموقف السابق ألا وهو موقف الرد عند بعض الباحثين العرب الآخرين. وهو الإدعاء بأن علماء العرب قد أجابوا عن الأسئلة كلها وحلوا المشكلات كلها. لا يقل موقف بعض العـــرب رد إنجـــازات العلـــم الكلاسيكى إلى الأسلاف العرب خطورة عن أيديولوجية غربية العلم. فهو موقف يلغى التاريخ ويلغى تاريخية العلم نفسه : "إن التأريخ بالبحث عن سابقين هو أكبر دليل على عدم القدرة على تحليل البنية المعرفية للمفاهيم التى يؤرخ لها" (٨) ؛ "لن يجرؤ عاقل على القول بالرجوع إلى التراث للبحث عن المشكلات العلمية وأجوبتها، فالمشكلات التى عرضها ثابت بن قرة، أو ابن سهل أو ابن الهيثم، قد ولى زمنهـــا وحلـــت، وحـــل مكانهـــا مشكلات أخرى أشد تعقيدا. ولن يقدم امرؤ متزن على أن يحثنا على الرجوع إلى التراث أيـــضا لكـــى نجـــد حلول المسائل المعاصرة" (٩).

فى المقابل، هناك عقبة عكسية تعترض مشروع رشدى راشد. وهى تتلخص فى السؤال التالى: هل يعيـــد رشدى راشد كتابة كتاب *DUTENS* عن الأبحاث حول أصل الكشوف المنسوبة إلى المحدثين (١٧٧٦)؟ هـــل يعيد تعريب العلم المنسوب إلى العلماء الغربيين؟ فهو ينقد، تمثيلا لا حصرا، نسب عمل الكَرَجـــى والـــسموأل حول البنية الجبرية للأعداد الحقيقية إلى الرياضيين المتأخرين أمثال نقـــولا شـــوكيه *CHUQUET* وســـتيفل *STIFEL* (١٠) . ونقولا شوكيه، كما هو معروف، هو رياضى فرنسى أشتهر فى النصف الثانى مـــن القـــرن الخامس عشر الميلادي، وألف كتابا وحيدا، فى عام ١٤٨٤، بقى على صورة مخطوطة، إلى أن نـــشر عـــام ١٨٨٥ . فهل معركة رشدى راشد هى معركة من النوع نفسه الذى سبق أن قام بين جوزيـــف برتـــران ون. هـــ. آبل، حول الكشف عن الوظائف الإهليلجية عام ١٨٢٧، تمثيلا لا حصرا؟

هناك طريقة رنيه ديكارت *R. DESCARTES* فى الجواب وهناك طريقة أخرى. وليس من شك فى أن جواب رشدى راشد يختلف اختلافا جذريا عن الطريقة الديكارتية فى الجواب. وأما الجواب بالطريقة الديكارتية فهو يقوم على تأسيس المعرفة الجديدة على قطع الصلة بما كان يملأ الساحة تماما. وفى سياق كلامنا إنما هو القول بأنه حين كتب دوتنس *DUTENS* يقول عن الأبحاث حول أصل الكشوف المنسوبة إلى المحدثين (١٧٧٦) إن أبقراط عرف الدورة الدموية وإن نظام كوبرنيكوس يرجع إلى القدماء، فهو نسى ما يدين به هارفى *HARVEY* إلى تشريح النهضة وإلى استعمال النماذج الميكانيكية كما نسى أن تفرد كوبيرنيكوس كمن فى الإمكان الرياضى للحركة الأرضية. كذلك نسى دوتنس *DUTENS* ومن اهتدى بهداه فى سياق رد إنجاز مندل إلى الرواد أمثال ريومور وموبرتويس، أن المشكلة التى صاغها مندل كانت تتعلق به من دون غيره وأنه حل هذه المشكلة بابتكار تصور بلا سابق : تصور الصفة الوراثية المستقلة. إذن، غالبا ما يغيب نظام التصورات والمبادىء عن الرواد. ويختلف ابتداع المجال الجديد عن الانقسام الكلاسيكى للأنواع كما يختلف عن التعبير والاختتام.

ب– عودة إلى الريادة والرائد

لكن يضع تصور الريادة مدلول تاريخ العلوم فى موضع الإشكال. الريادة ليست مصطلحا إنما هى من إبداع التاريخ. كذلك تحيل الريادة ، تاريخيا، إلى نوع معين من أنواع الخطاب التى تحاول أن تقدم صورة تسقط الصفة الموضوعية والعلمية على التاريخ نفسه. الرائد ليس السابق. لأن السابق هو السابق البسيط فى أثناء البحث. السابق هو القبل الذى يترك مسئوليته أو مكانه لشخص آخر ضمن علاقة من التوالى أو التتالى الزمنى ومن دون حكم–قيمة سابق. أما الرائد فهو يحمل القيمة ويحدث انقطاعا فى مجرى البحث والتاريخ.

كذلك من الضرورى أن نفرق بين الرائد والمخترع. فالرائد يقع فى موضع ملتبس من مواضع التباس الاختراع من دون أن يكون قد اخترع فهو أكثر من المخترع : إنه يبشر. وهو كذلك أقل من المخترع بمعنى أن المخترع يتجاوزه. هناك إذن التباس تام فى العلاقة بين المخترع والرائد فضلا عن التفسير التام الغائى للتاريخ الذى ينطوى على درجة من درجات أيديولوجيا التاريخ. كان يوحنا المعمدان يتقدم الجميع بوصفه شاهدا على الضوء. كان الرائد يحاول أن يضيء تاريخا معتما. ودوره لا يمكن إلا أن يكون شعريا أو مجازيا. لذلك قال الشاعر الفرنسى المعاصر شارل بودلير *CH. BAUDELAIRE (1821-1871)* فى ديوانه عن " المنارات" : فلنحذر من فكرة الريادة.

فى ضوء نقده لمسلمة السبق أو "فيرس الرائد" كما عبر كلارك *CLARK*، نقدر أن ندرك بعضا من معنى تاريخ العلوم عند جورج كونجيلام *GEORGES CANGUILHEM (1904-1995)*، أحد أبرز رموز فلسفة

العلوم وتاريخها الفرنسية فى عصره ومدير معهد تاريخ العلوم بباريس بفرنسا الأسبق. يقول جورج كونجيلام: "و بما أن من واجب العالم أن يؤمن بموضوعية كشفه، فإنه يبحث عما إذا كان ما يفكر به لم يكن -من طريق المصادفة- قد جرى التفكير به من قبل. فهو حين يسعى إلى اعتماد كشفه فى الماضي، فذلك يعود إلى عدم تمكنه اللحظى من فرضه فى الحاضر، فإنما يخترع أسلافه المخترعين. من هنا أعاد هوجو دو فرى *HUGO DE VRIES* كشف المندلية واكتشف مندل *MENDEL."*[١١]. وأضاف جورج كونجيلام : "حقا يطلب من النظريات جميعها أن تقدم دلائل فعاليتها العملية. من هنا السؤال : ما الأثر العملي، فى نظر مؤرخ العلوم، لنظرية تنزع إلى الاعتراف بعلم مستقل يمثل المجال الذى تدرس فيه المشكلات النظرية التى تولدها الممارسة العملية؟ إن إحدى النتائج العلمية الأهم هى القضاء على ما أسماه ج.ت.كلارك باسم "فيرس الرائد". وقد نذهب إلى أبعد من ذلك : إذا كان هناك رواد فإن تاريخ العلوم يفقد معناه. لأن العلم لا ينطوى عندئذ على بعد تاريخى إلا ظاهريا. وإذا كان هناك، فى العصر القديم، فى عصر العالم المتناهي، من استطاع فى علم الفلك أن يكون مفكرا من عصر الكون اللامتناهي، فإن دراسة تاريخ العلوم والأفكار مثل دراسة آلكسندر كويريه تصبح محالة."[١٢].

و الفكرة التى صاغها رشدى راشد عن تاريخ العلوم والتى تجسمت فى مؤلفاته، عدلت من موضع "الثورة الفلكية، كوبرنيكوس، كبللر، بوريللي" (١٩٦١) عند الفيلسوف الفرنسى الروسى الأصل آلكسندر كويريه *A. KOYRE (1892-1964)*، فى ضوء الفلك العربي. وكما يبحث رشدى راشد فى جدل النشاط العقلي- الرياضي، كان آلكسندر كويريه يبحث فى اتصال الوظيفة العقلية. وعلى حين يبحث رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات، كان مجال بحث جاستون بشلارد وآلكسندر كويريه دراسة العلاقة بين تاريخ الرياضيات والفيزياء بوجه خاص. مع ذلك يرى رشدى راشد كما كان يرى آلكسندر كويريه أن العلم نظرية، وأن النظرية فى جوهرها تربيض، مما يفترض القول الضمنى بأولية الرياضيات على العلوم كافة.

من جهة أخرى، حدد جورج كونجيلام معنى الرائد قائلا إن : "الرائد هو ذلك المفكر، الباحث الذى قطع فى الماضى شوطا من طريق أكمله باحث آخر فى وقت لاحق. إن التسلى بالبحث عن رواد والاحتفاء بهم هو العارض الأوضح للعجز عن النقد الابستمولوجي. فقبل أن نصل بين شوطين من الطريق نفسه من المستحسن أولا التأكد من أن الطريق حقا واحدة. وفى معرفة متسقة يتصل التصور الواحد بالتصورات الأخرى كلها. فحين افترض آرستارخوس من أهل ساموس *ARISTARQUE DE SAMOS* مركزية الشمس، لم يكن قد سبق كوبرنيكوس وإن كان كوبرنيكوس قد اعتمد آرستارخوس من أهل ساموس *ARISTARQUE DE SAMOS* . إن تغيير المركز المرجعى للحركات السماوية، قد دل على نسبية الأعلى والأسفل، أى أنه قد دل على تغيير أبعاد الكون، وبإيجاز، فإن ذلك عَنَى تكوين منظومة. من هنا أخذ كوبيرنيكوس على متقدميه بأن

النظريات الفلكية السابقة على نظريته لم تتكون فى منظومات عقلية. وبالتالى فإن الرائد هو ذلك المفكر الذى يعتقد به المؤرخ أن بإمكانه أن يخرج من إطاره الثقافى ويدخل إلى إطار آخر، مما يعنى النظر فى التصورات والخطابات والحركات النظرية أو التجريبية بوصفها تقدر أن تنتقل وتعود إلى التموضع فى مجال فكرى حيث يتم ارتداد العلاقات من خلال إغفال الجانب التاريخى للموضوع محل البحث. من هنا كم من الرواد قد تم البحث عنهم للنظرية التحويلية الداروينية عند الدهريين أو الفلاسفة أو صحفيى القرن الثامن عشر!" (١٣).

و انتقد ميشيل فوكو *M. FOUCAULT (1926-1984)*، أحد تلاميذ جورج كونجيلام البارزين، تلك المحاولات الريادية فى كتابه-العمدة "الأشياء والكلمات "(١٤). فقد كان هدف ميشيل فوكو الجوهرى هو دراسة "انقطاعات" المعرفة فى التاريخ. والمعرفة هى مجال التاريخ، وتعرض للعلوم لكنها تتحرر من النشاط التكويني. وأما رشدى راشد فيبحث فى الفترة العربية للرياضيات الكلاسيكية الغربية الحديثة. وأما رشدى راشد وميشيل فوكو معا، فيحرران المعرفة من الإحالة إلى الأصل والغاية التاريخية المتعالية. وانتقد آلكسندر كويريه وجاستون بشلارد *G. BACHELARD (1884-1962)*(١٥)، المحاولات الريادية نفسها. وذلك مع أن بشلارد يعد، تمثيلا لا حصرا، مخترع نزعة التقريب وبالتالى التدريج فى المعرفة العلمية.

يحل البحث عن الريادة الترابط المنطقى محل الزمن التاريخى ويخترع العلاقات الحقيقية-المنطقية. ويعنى البحث عن الريادة، الخلط بين العلم وتاريخ العلم، بين موضوع العلم وموضوع تاريخ العلم. إن تصور الرائد بالنسبة إلى مؤرخ العلوم هو تصور يضر بتاريخ العلوم. فتاريخ العلوم إنما هو يصدر عن الفكر، بوصفه تاريخا للمسائل وحلولها. يقبل تاريخ العلوم الانقطاعات الابستمولوجية والتحولات فى المنظور والتغيرات فى وجهات النظر. من هنا استغنت الابستمولوجيا المعاصرة فى الغرب عن تصور الريادة فى مجال تاريخ العلوم. وقد ظل موضوع الريادة معلقا. وآثر رشدى راشد البحث عن شروط إمكان ظهور التصورات العلمية ونهايتها. نصل هنا إلى الخيار المنهجى الآخر فى دراسة رشدى راشد لتاريخ العلوم. خاصية العبقرى الأَوَّلى هى الأصالة. فالعبقرى ينتج ما لا يقبل الخضوع للقواعد واللوائح والضوابط والمقررات. وحين تحدد قاعدة من تلك القواعد عملا من الأعمال فإن ذلك العمل لا يكون عملا جميلا إنما يكون عملا تقنيا ماهرا. ومن ثم فالعبقرية ليست اليسر فى التعلم، وليس بالإمكان أن يصبح المرء عبقريا بالجهد والكد والعمل والعرق، إنما يولد المرء عبقريا ولا يصبح عبقريا. وليس من شك فى أن الفنان العبقرى عليه أن يتعلم، وأن يمهر فى عمله، لكن ذلك لا يمثل عملا عبقريا. بهذا المعنى يكون العبقرى يستنبط ما هو جديد. فالعبقرية لا تمنح إلا للموهوب. تقوم العبقرية الفنية بنفسها وليس من خلال المحاكاة أو التعليم، بل لا تماثل أية عبقرية أخرى، وما

تبدعه العبقرية إنما هو بلا سابق وبلا مثال. وعمل الفنان العبقرى الأصيل عائد إلى العبقرية الفنية الأصيلة. والعبقرى بلا أستاذ. لأن الأستاذ لا ينقل إلا القواعد التقنية، لكن الأستاذ قد يوقظ العبقرية عند الطالب.

ويبدو أن المنهجية الابستمولوجية المعاصرة اتجهت باتجاه الخلاص من عالم الأصول ومن عالم النسخ فى آن واحد. فقد كان الفهم التقليدى لتاريخ العلوم يستند إلى الفرق المطلق بين الأصل وصوره، بين الشيء وصوره، بين الأصيل والدخيل، بين الخالص والهجين، بين النموذج والزائف، بين الحقيقة والوهم، بين المعقول والمحسوس، بين المثال والتطبيق. وواقع الأمر أن هذه التعابير لا تتساوى. من هنا امتنع مؤرخ العلوم عن استكشاف مجال التمثيل-مجال النسخ/الأيقونات التى تتصل اتصالا وثيقا بالأصل والنموذج والأساس.

و من هنا اختفت مسألة الأصل فى المنهجيات الابستمولوجية المعاصرة. لم تعد هناك من حاجة لإحالة العلم إلى ذات مفكرة، ولا إرجاعه إلى ذات تتعالى على شروطها وإمكانها، أو اعتبار العلم من إبداع من أنا يتلفظ به للمرة الأولى أو يستعيده أو يعكس روح العصر. إن مؤرخ العلوم يقصى تصورات كالأصل، والعودة إلى الأصل، ليضع مكانها العلم كذكرى، تحتفظ بذاتها داخل فضائها. ولما كان تاريخ العلوم عند رشدى راشد لا يعبر عن النفس الإنسانية، ولا يصور ما يدور فيها من مشاعر وانفعالات ، كان من الطبيعى أن يمتنع عن الدراسات النفسية فى فهم العمل التاريخى حول العلوم. لكنه فسر هذه الأعمال من وجهة النظر البنيوية- الظاهرية ، وأدرك العمل العلمى نفسه، بعدما كان الأمر يقتصر، فى تاريخ العلوم، على الكشف عن أسرار الأصالة والعبقرية والموهبة والإبداع العلمي، وبدأ الاهتمام بذلك البحث عن المدلول الموضوعى للعمل العلمى بوصفه فرعا من فروع العلم الوضعي. وفى الجانب الآخر ظهر من مؤرخى العلم من ولوا وجوههم شطر "علم النفس العلمي" يحاولون استغلال نظرياته، وتطبيق تجاربه على الأعمال العلمية يستخرجون منها مدلولاتها النفسية على شخصيات العلماء، ويرفعون الحجب عما عليه من علامات لما يدور فى أعماق النفس الإنسانية من مكبوتات غير شعورية وعقد النقص والتفوق ، وما إلى ذلك مما يقف عنده أصحاب الدراسات النفسية ويديرون حوله بحوثهم، من أجل رسم "صورة حياة" لهذه الشخصيات. أما رشدى راشد فقد امتنع عن الكلام النفسى على الأصالة فى تاريخ العلوم.

تقع الأصالة فى تاريخ العلوم من جهة كون العلم "صناعة". فمن ينتج عملا أصيلا ومثاليا هو العالم العبقرى من جهة كونه فنانا "صناعيا". وقد يساعد الإنتاج على تمييز الفنان العبقري، مع أن ميشيل فوكو قال إن المجنون لا ينتج عملا. لكن ليس من شك، كما قال عمانوئيل كانط فى كتاب "الأنثروبولوجيا من وجهة نظر براغماتية"[١٦] ، وكتاب"ما الاتجاه الذاتى نحو التفكير؟"[١٧] فى العبقرية فى الفن. لكن العبقرية الفنية تقع

فى متن العلم نفسه لا خارجه كما ادعى البعض. كان تحديد حدة التعارض التقليدى بين العلم والفن من صنع جملة التيارات الفكرية التى شهدتها الحقبة العربية. وثمة حدث مثير أشار إليه رشدى راشد وهو أن الفقهاء المسلمين والمتكلمين والعلماء على اختلاف تياراتهم وميولهم بل والفلاسفة المتأثرين بالتراث اليوناني، مثل الكندى أو الفارابي، قد اسهموا جميعا بطريقة أو أخرى فى تضييق الشقة التقليدية التى كانت تفصل بين العلم والفن. فإن هذه العلاقة الجديدة بين العلم والفن أزالت العقبات التى كانت تقف حائلا دون صياغة قواعد الفن وأدواته فى موضوعات العلم بل كان إيذانا للمعارف بأن تعتبر معارف علمية من دون أن تطابق النموذج الآرسطى أو النموذج الإقليدي.

و رفع هذا التصور الجديد لمكانة العلم إلى مرتبة المعرفة العلمية تلك الفروع التى كانت تدرج بصورة تقليدية فى مجال الفن، ومنها على سبيل المثال الخيمياء (الكيمياء القديمة) – ولا سيما بالمعنى الذى دل عليه الرازى – والطب وعلم العقاقير والموسيقى وعلم المعاجم. غير أن هذا التصور الجديد للعلاقات بين العلم والفن وسع من نطاق البحث التجريبى. وأدى إلى فكرة غامضة عن التجريب. وتعددت الأساليب التجريبية واستخدمت استخداما منتظما فى عمليات تجريبية منها تصانيف علماء النبات واللغويين، تمثيلا لا حصراً، وفى التجارب التى كان يجريها الأطباء وعلماء الخيمياء للتحقق من صحة نتائجهم، وفى الملاحظات السريرية والتشخيصات المقارنة التى كان يقوم بها الأطباء. غير أنه كان من الضرورى أن تقوم علاقات جديدة بين الرياضيات والطبيعة قبل أن يكتسب مفهوم التجريب الغامض، البعد الذى يحدد معالمه أى يضعه فى موضع العنصر المنتظم من عناصر البرهان. ظهر هذا البعد الجديد أساسيا فى بصريات الحسن بن الهيثم. وقضى ابن الهيثم نهائيا على الفكرة التى كانت تعتبر البصريات هندسة للأبصار أو الضوء. وكان التجريب أو الاعتبار هو إحدى مقولات البرهان. وأخذ خلفاء ابن الهيثم، مثل كمال الدين الفارسي، بالمعايير التجريبية فى بحوثهم البصرية ومنها بحوث قوس قزح.

و تبين لرشدى راشد أن مصطلح الاعتبار ومشتقاته – الاعتبار، يعتبر، المعتبر – لدى ابن الهيثم، تنتمى إلى عدة نظم متراكبة قد لايصلح التحليل اللغوى وحده للتمييز بينها. وتبين رشدى راشد عدة أنماط من العلاقات بين الرياضيات والطبيعة تتيح تمييز وظائف مناظرة لها تسند إلى مفهوم الاعتبار. فالعلاقات بين الرياضيات والطبيعة تقوم على نماذج متعددة لم يصنفها ابن الهيثم ولكنها مع ذلك ترد فى أعماله على نحو يمكن من تحليلها.

أما فى البصريات الهندسية التى كان إصلاحها على يد ابن الهيثم نفسه، فالعلاقة الوحيدة التى تقيمها بين الرياضيات والطبيعة عبارة عن تشاكل تقابلى بنيوى *Hisomorphisme de stucture* . وقد استطاع ابن

الهيثم بفضل تعريفه للشعاع الضوئى خاصة أن يتصور ظواهر امتداد الضوء بما فى ذلك ظـاهرة الانتـشار الهامة بحيث تتفق هذه الظواهر تمام الاتفاق مع الهندسة. ثم ابتكر عدة تجارب ليتأكد على الصعيد التقنى مـن صحة قضايا سبق التحقق منها لغويا من خلال الهندسة. مثال ذلك التجارب التى كانت تستهدف اختبار قوانين البصريات الهندسية وقواعدها. وأثبت رشدى راشد، من خلال تحقيق مخطوطات جديدة لابن الهيـثم، أثبـت رشدى راشد حقيقتين مهمتين بنحو خاص : أولاهما أن بعض تجارب ابن الهيثم لم ترمِ إلى التحقق من قضايا كيفية وحسب وإنما إلى الحصول على نتائج كمية. والحقيقة الثانية هى أن الأجهزة التى ابتدعها ابـن الهيـثم والتى اتسمت بالتنوع والتعقد بالقياس إلى عصره، لم تكن تقتصر على أجهزة الفلكيين.

وفى البصريات الطبيعة كشف رشدى راشد عن نمط آخر من العلاقات بين الرياضيات والطبيعة. ومن ثم كشف رشدى راشد عن معنى ثانٍ للتجريب. ومن دون أن يأخذ ابن الهيثم بنظرية ذرية فإنه أكد، فى إطار ما كان يقتضيه إصلاحه للبصريات الهندسية، أن الضوء أو " أدق الأضواء " – على حد تعبيـره – لـه وجـود مادى ويقع خارج نطاق الإبصار .ويتحرك فى زمن معين وتتغير سرعته بحسب الأوساط التى يتحـرك فيهـا ويتخذ أيسر الطرق وتقل شدته تبعا للمسافة التى تفصل بينه وبين مصدره. وتتدخل الرياضـيات فـى هـذه المرحلة من خلال أوجه الشبة القائمة بين الملامح العامة لحركة جسم ثقيـل والملامـح العامـة للانعكـاس والانكسار. ويعنى ذلك أن الرياضيات أضافت إلى البصريات الطبيعية، من خلال الملامح العامة الديناميكيـة لحركة الأجسام الثقيلة. إن هذه الملامح قد سبق وضعها بطريقة رياضية. وهـذا الوضـع المـسبق بطريقـة رياضية لمفاهيم تنتمى إلى أحد مذاهب الطبيعة هو الذى أسس لنقلها إلى مستوى موقف تجريبي. ولـئن كـان هذا الموقف له طبيعة تقريبية جدا ولا يؤدى إلا وظيفة توضيحية أساسية، فإنه قد حدد مع ذلك مجالا لمفـاهيم مترابطة من حيث التراكيب ولكنها غير محددة من حيث المعنى. مثال ذلك الوصف الذى وضعه ابن الهيـثم لحركات المقذوفات والذى أخذ به فيما بعد كل من كبلر ورنيه ديكارت.

و ميز رشدى راشد نمطا ثالثا من التجريب فى بداية القرن الرابع عـشر المـيلادى عنـد كمـال الـدين الفارسي. وهو نمط لم يمارسه ابن الهيثم نفسه. ولكنه اصبح ممكنا بفضل ما أضافه ابن الهيثم من إصـلاحات واكتشاف فى البصريات. ففى هذه الحالة كانت العلاقات التى قامت بين الرياضيات والطبيعة ترمى إلى بنـاء نموذج وبالتالى إلى أن ترد بصورة منتظمة وبوساطة الهندسة امتداد الضوء فى وسط طبيعى إلى امتداد بـين الوسط الطبيعى إلى امتداده فى شئ مصنوع. فالغرض إذن كان أن تحدد للامتداد بين الوسط الطبيعى والشيء المصنوع تقابلات قياسية ذات مكانة رياضية محققة. وقد اتخذ كرة زجاجية مملوءة بالمـاء نموذجًـا لـشرح ظاهرة قوس قزح. فوظيفة التجريب فى هذه الحالة هى تحقيق الشروط الفيزيائية لظاهرة لا يمكن دراستها لا مباشرة ولا بصورة كاملة.

إن أنماط التجريب الثلاثة التى درسها رشدى راشد لا تقتصر - مع الوظـائف المختلفـة التـى تؤديهـا، وبخلاف الأرصاد الفلكية التقليدية- على كونها وسائل للاختيار وحسب وإنما تدفع إلى حيز الوجود بمفـاهيم مترابطة من حيث التركيب. ففى الحالات الثلاث تجد العالم فى وضع يسعى فيه إلى تحقيق موضوعه بنفـسه فيزيائيا لكى يتمكن من صياغة أفكاره عنه. إنها بإيجاز وسيلة للتحقيق الفيزيائى لموضوع أوّلى لم يكن يتسنى تحقيقه من قبل. ففى مثل من أبسط أمثلة " الامتداد على السموت المستقيمه " لا يتناول ابن الهيثم أى ثقب فـى غرفة مظلمة وإنما يدرس ثقوبا محددة تبعا لنسب هندسية محددة لكى يحقق، بأدق ما يمكن، مفهومه للشعاع.

إن الإصلاح الذى أجراه ابن الهيثم ظل حيا من بعده. وظلت المعايير التجريبية من مقتضيات البرهان من ابن الهيثم إلى كبلر ، ثم فى القرن السابع عشر الميلادى بعد ذلك. لم يسهم العلماء فـى اللغـة العربيـة فـى تأسيس شتى فروع المعرفة وحسب بل شاركوا فى إرساء معايير هذه المعرفة، ولا سيما تلك المعـايير التـى تتميز بها الحداثة الكلاسيكية. ولم يسهم العلماء فى اللغة العربية فى تأسيس شتى فروع المعرفة وحـسب بـل شاركوا فى ارساء معايير هذه المعرفة، ولا سيما اقتران العبقرية الفنية بـالعلم الـذى تتميـز بـه الحداثـة الكلاسيكية.

ج- الكشف والاختراع

يمثل نشاط العبقري، إذن، نشاطا عقليا وقد يمثل قوة عقلية. لكن الكلام على هذا النحـو يقـضى بـالكلام الدقيق. لأن العبقرى يدقق فى نفسه، ويقارب الواقع بوعى تام، مما يعقد المسألة. فرق كانط بين الأصـالة أو فن الاختراع والتجديد والإبداع، من جهة، وبين الاكتشاف من جهة أخرى. فـالعبقرى لا يـستعمل موهبتـه وحسب، فهذا الاستعمال يقتصر على المقدرة المكتسبة بالتدريب على تطبيق القواعد، أما العبقـرى فيـرفض القواعد ويجدد وينتج القاعدة النوعية الجديدة. كيف بالإمكان صياغة قاعدة جديدة؟ من ذاته نفسها. لكن إذا كان العبقرى يستخلص الأمر من ذاته، فكيف يؤسس شرعيته؟ فهو لا يقبل الإفصاح عنه (١٨) .

وفرق كانط بين فعل الاختراع *ERFINDEN* وبين فعل الكشف *ENTDECKEN*. فالكشف هو الكـشف عن شيء موجود سلفا كوجود أمريكا، مثلا، قبل مجيء كولومبوس، لكن اختراع البارود لم يكن موجودا قبل أن يخترعه المخترع. وكان الرياضيون المسلمون قد فرقوا من قبل بين فعل الاختراع *ERFINDEN* وبـين فعل الكشف *ENTDECKEN*. كانت البداية هى ترجمة كتاب "الأصول" لإقليدس إلى اللغة العربية. كان كتاب "الأصول" لإقليدس فى القرن التاسع الميلادى فى اللغة العربية نموذجاً يحتذى به الرياضيون فى الكتابة وفـى البحث الرياضى معاً. فكتب الكندى فى منتصف القرن التاسع الميلادى كتابين حول إصلاح كتـاب إقليـدس وأغراض كتاب أقليدس. واهتم الجواهرى فى بحثه عن كتاب "الأصول" لإقليدس بمسألة المصادرة الخامـسة.

ووضع الماهانى البراهين المباشرة مكان القياس بالخلف الوارد **فى كتاب "الأصول" لإقليدس**. وأصلح ثابت ابن قرة ترجمة حنين ابن إسحاق لكتاب "الأصول" لإقليدس. وهكذا التفت الرياضيون-المهندسون، وعلماء الجبر، والفلاسفة، والمثقفون بوجه عام، وابن وهب بوجه خاص، إلى كتاب "الأصول" لإقليدس. وابن وهب هو الذى أثار مسألتى منهج المصادرات وفن الاختراع *ERFINDEN*، كما وردتا فى كتاب "الأصول" لإقليدس. وقف ابن وهب على ما كتبه إقليدس فى تأليف أشكال كتابه فى "الأصول" وأقاويله ونظمه إياها ووجد الأصول غير مصنفة بحسب أجناسها، ولا مضمون كل واحد منها إلى ما يشاكلها. وقف إذن ابن وهب على "تصنيف" الأصول. وكانت ملاحظة ابن وهب أن أقليدس يتبع منهج المصادرات فى بحثه، وهو منهج يصلح للمعرفة المكتسبة سلفاً، وهو منهج الكشف *ENTDECKEN* وهو الكشف عن شيء موجود سلفا كوجود أمريكا، مثلا، قبل مجيء كولومبوس، ولا يصلح هذا المنهج للمعرفة المجهولة، التى تقضى بالبحث فى منهج الاختراع أو الابتكار *ERFINDEN* . وهما المسألتان اللتان أثارهما بعد ذلك بيار دو لا راميه، وأنطوان أرنو، وبيار نيقول، وغيرهم من علماء القرن السابع عشر الميلادى الغربيين. وسبق أن أشرنا إلى إصلاح ثابت ابن قرة ترجمة حنين ابن إسحاق لكتاب "الأصول" لأقليدس. من هنا استطاع ثابت ابن قرة أن يرد على رأى ابن وهب فى "كتاب أبى الحسن ثابت بن قرة إلى ابن وهب فى التأتى لاستخراج عمل المسائل الهندسية". استعاد بن قرة، أولاً، مسألة عرض المصادرات فى "الأصول"، ومسألة نظام الاختراع، واستهل تصنيفا للتصورات الهندسية؛ ثم عرض بعض التمارين للاختراع.

د- عودة إلى العبقرية العلمية

و لا يبقى مجال تطبيق نموذج العبقرى محور الإبداع أو الكتابة الشعرية وحدها. فما وظيفة العبقرية فى العلم ؟ هل يدعى **العبقرى التأسيس أو وضع الأسس** ؟ هل الأصالة هى مقياس العبقرية؟ يرفض العبقرى القواعد السائدة **ويتمرد عليها**[١٩]. **هذان** السؤالان -سؤال الأصالة وسؤال الفرق بين تاريخ النظرية العلمية ومنطقها- يتداخلان فى الغالب، مما أسس لتوهم الجبر عند أقليدس، تمثيلا لا حصرا، ونظرية المعلومات عند أرسطو، وغيرها من الأقوال المشابهة فى مجالات علمية أخرى. لكنه سؤال يتعلق بتاريخ العلم وبمدى معرفتنا بهذا التاريخ. ففى تاريخ العلوم عند العرب ، مازال الجواب على سؤالى : من المخترع؟ ماذا اخترع؟، قيد التحقيق والدرس.

بحث بول لوكى فى أعمال الرياضي، الكاشي، غياث الدين جمشيد (ت١٤٣٦-١٤٣٧). لكن رشدى راشد صحح بحثه وأثبت أن للسموأل المغربى وشرف الدين الطوسى الفضل الأكبر فى الاكتشافات المنسوبة إلى الكاشى. وهذا التصحيح ليس يثبت الخطأ المنطقى لدى لوكى وحسب بل هو يثبت الخطأ التاريخى فى تحليل

المسلمات. عين رشدى راشد المسلمات الضرورية من أجل البحث اللاحق فى المسلمات، إذا جاز التعبير. إن الاتصال التاريخى ليس بالضرورة اتصالا منطقيا. إن التصويب التاريخى لمؤلف ما يعنى أوليا تحليل الباحث لفهم بنيته المنطقية. إن دراسة نص للكرَجى كجبرى، تمثيلا لا حصرا، من دون فهم مساهمة الكرَجى الجوهرية، يقضى بالبحث حول المسلمات مما يؤدى إلى إغفال جوهر إسهام الكَرَجي. إن البحث عن مسلمات جبر الكَرَجى يعنى العودة إلى جبر الخوارزمى وإلى جبر أبى كامل. وإذا سلم الباحث أنه يعرف أسلاف الكَرَجى جميعا، فلن يمكنه أن يعرف أساس عمله ، أى البداية الجديدة للجبر الكلاسيكى بفضل ما أسماه رشدى راشد "حَسْبَنة الجبر". لذلك قطع رشدى راشد بين التكوين التاريخى، من جهة، والبنية المنطقية للنظريات العلمية، من جهة أخرى. إنه مؤرخ.

من هنا حقق رشدى راشد وحلل النصوص والأعمال العربية والغربية التى تتزامن فى الكشف العلمي، أى أنه وسع من النطاق الزمنى للتجديد العلمى الحديث. وبرهن على :

- التشابه فى صياغة المسائل نفسها عند العلماء الغربيين المحدثين والعلماء العرب القدامى؛
- التشابه فى تحديد الهدف نفسه من البحث ؛
- التشابه الدلالى بين التصورات المحورية ونظام التصورات عند العلماء الغربيين المحدثين والعلماء العرب القدامى.

هـ – صياغة التصور الجديد لتاريخ العلم

من هنا قام مشروع رشدى راشد على حل مسائل أولية فى تجديده لكتابة تاريخ الرياضيات العربية هى مشكلات صياغة التصور الجديد لتاريخ العلم الكلاسيكى بين القرن التاسع الميلادى والقرن السابع عشر الميلادي. هناك مشكلة محورية، إذن، هى التى قادت أعمال رشدى راشد كلها. وهى المشكلة التى تكونت من التناقض الواضح فى الصورة التي تشكلت عن العلم العربى منذ القرن الثامن عشر فى أوروبا والعالم. وهو التناقض بين النظر إلى العلماء فى اللغة العربية نظرة حَمَلة التراث العلمى الهلينستى وبين النظر إلى العلماء أنفسهم نظرة مبدعى العلم الحديث. أدخل رشدى راشد تصورات عدة مغايرة لما كانت سائدة عند مؤرخى العلوم. وأعاد تعريف معنى العلم الكلاسيكي. من هنا برزت إلى الوجود الصيغ الممكنة لهذه المعادلة الجديدة فى تاريخ العلوم العربية. فقد كان الفكر السائد قبل بحوث رشدى راشد هو القول بأن البحث فى ميدان العدسات والانكسار، تمثيلا لا حصرا، من بنات أفكار علماء الغرب فى القرن السابع عشر. فأعاد رشدى راشد تأريخ علم المناظر. ووضع أعمال ابن الهيثم فى موضعها الجديد. ساعده ذلك على وضع الإسهام

العربى فى ما سُمى فى الأدبيات العلمية باسم "الثورة العلمية الأوروبية الحديثة" فى موضعه الجديد. لكـن ألا تمثل منهجية رشدى راشد الجديدة نفسها درجة من درجات "التجديد" المعرفى الأوروبي-العربـي المعاصـر؟ فهو لا يرفض مصطلح النهضة العلمية تمام الرفض. لأنه يستعمله فى سياق الكلام على النهضة العلمية فـي عصر "الدولة العباسية"(٢٠).

كانت هناك بلا شك نهضة أدبية وفنية ومعمارية فى القرن السادس عشر الميلادى والسابع عشر الميلادي. لكن عصر النهضة، بحسب جورج سارتون، من قبل ما يقول رشدى راشد بالقول نفسه بعد ذلك، "لـم يكـن نهضة من وجهة النظر العلمية، فإن ذلك العصر الذى يتسم بطابع الإحياء الرائع -و هو مـا تخفـق قلوبنـا لذكراه سراعا- كان عصرا ذهبيا بالنسبة للفنون والآداب، لكنه عصر يخيب تماما آمال مؤرخ العلم الذى لـم تفتأ التصاوير الجليلة تثير حبه للاستطلاع. ونحن إذا استثنينا الذروة غير العادية التى حدثت حول نهاية تلـك الفترة فى عام ١٥٤٣، لكان عصر النهضة مجرد فكرة استجمام بين فترتين إحيائيتين، أكثر من كونـه فتـرة إحياء حقيقي." (٢١). وليس من شك أن فكرة جورج سارتون ورشدى راشد هذه قد تثير الدهـشة والاسـتفهام والرفض والاعتراض من البعض. على أن دراسة رشدى راشد لتلك الفترة، عصر النهضة بوجه عام، تؤدى إلى توسيع عصر النهضة، والعصور الحديثة.

لم يكن البحث العلمى فى سبات.. إلا إذا كان تاريخ العقل يقتصر على التأريخ للعقل فى أوربا الجنوبيـة. وحتى فى هذه الحالة، فلقد كانت هناك نهضة فى القرن الثانى عشر نتيجة للترجمات من اللغة العربيـة. مـن جهة أخرى، لم يكن التجديد فى القرن السابع عشر فى المجالات العلمية كلها فى آن واحد. كان هناك تجديـد فى علم الحركة مع جاليليو، ولكن لم تكن هناك، تمثيلا لا حصرا، مـا يمكـن تـسميته باسـم الثـورة فـي الرياضيات. لقد أعطى جاليليو برهانا نهائيا على عدم مركزية الأرض، وذلك باكتـشافه لأقمـار المـشترى الأربعة : إيو، أوروبا، كاليبسو، وغانيماد. فالثورة هى نسبية من جهة، ومتصلة من جهة أخرى. لـذلك الأدق أن نتكلم على التجديد. وإذا نظر إلى التاريخ من منظور الفترات الطويلة النسبية رأينا تجديد ابن الهيـثم فـي المناظر والفيزياء، كما كان قبله تجديد أرشميدس فى الاستاتيكا، كما جاء من بعده تجديد جـاليليو فـي علـم الحركة. وهذه التجديدات مترابطة. كان توماس صموئيل كـون *S. KUHN (1922-1996)*، مـؤرخ تـاريخ العلوم الأمريكى والأستـاذ بجامعـة شيكاغـو بالولايات المتحـدة الأمريكيـة، يتكلم عـن بنيـة الثـورات العلمية *THE STRUCTURE OF SCIENTIFIC REVOLUTIONS (1962)*. وكان أ. كويريـه -أسـتاذ رشدى راشد المباشر- من قبله يتكلم عن "الثورة الفلكية-كوبرنيكوس، كبلر، بوريللي" ، لكن من دون درايـة بمدرسة مراغة. فلو أهملت مدرسة مراغة، صارت أطروحة "الثورة الفلكية-كوبرنيكوس، كبلر، بوريللي" (٢٢) صحيحة.

يمثل سؤال الثورة فى الرياضيات سؤالا صعبا فى نفسه. لأن الرياضيات تنطبع بطابع الاتصال أكثر بكثير من الفيزياء، لأنها تأسست فى فجر التاريخ، أى فى فترة مجهولة. ودور العلم العربى هو -فى هذا الموضـــع بالذات- هو تأسيس التطور الموضوعى للعلوم بعامة. فهو الذى يجيب على ســؤال : كيــف تطــور العلــم الهلينستي، أساسيا؟ كيف تحول؟ كيف جدد؟ ذلك هو أحد شروط معرفة القرن السابع عشر وما بعــده. لــذلك يؤثر رشدى راشد الكلام على التجديد لا على الثورة فى تاريخ الرياضيات. فجاء تاريخ رشدى راشد لتجديــد تاريخ العلم الحديث وتجديد تاريخ العلم اليونانى القديم، فى آن معاً. ومن ثم فتجديده المعرفــى لــيس ثــورة معاكسة للثورة العلمية الحديثة بل إنه يقدم شرعية أخرى للرياضيات الكلاسيكية. فهو مع ذلك يغيــر صــورة النظام العلمى اليوناني. من هنا ليست منهجيته الجديدة فى تاريخ العلوم ثورة معاكسة مع أنها جــددت العلــوم القديمة، العربية والهلنستية على حد سواء. فى المقابل أراد أغلب المؤرخين منذ القرن الثــامن عــشر قطــع سلسلة الماضى بل أزالوا شروط إمكان اتصالها من جديد.

لقد جاءت الثورة العلمية -حسب الرأى السائد- بمستقبل مخالف لما سبقها تماما الاختلاف، فكانــت بــذلك ثورة راديكالية، مع أنه، عند رشدى راشد، كما سنبين، تجديد نسبي/مطلق فى آن. لذلك فهو يــضع التجديــد مكان الثورة : تجديد العلوم، لا العلوم كلها فى آن واحد إنما تجديد هذا العلم أو ذاك، أو تجديد هذه المجموعة أو تلك من مجموعات العلوم.

من هنا أمكن رشدى راشد أن يعيد تقسيم التاريخ. فتقسيم رشــدى راشــد أو تــصنيفه لا يأخــذ بالتقــسيم التاريخى التقليدى السابق. وذلك بمعنى أن ما أسماه رشدى راشد العلم الكلاسيكى -علم الجبــر الكلاســيكي، تمثيلا لا حصرا- يمتد على فترات تاريخية تغاير الفترات التاريخية التقليدية السابقة والتى كانت تنقــسم إلــى الفترة اليونانية ثم الفترة الوسيطة ثم الفترة الحديثة. بدأ علم الجبر الكلاسيكى مــع كتــاب "الجبــر والمقابلــة" للخوارزمى فى ٨٣٠ تقريبا[٢٣]. وأثبت رشدى راشد أن لاجرونج *LAGRANGE* نحو أواخر القــرن الثــامن عشر الميلادي، استعاد ديوفنطس [٢٤] . وبدأ التحليل الديوفنطى الجديد مــع الخــازن نحــو القــرن العاشــر الميلادي[٢٥]. واستمر علم الجبر الكلاسيكى حتى بيار فرما فى العام ١٦٤٠ [٢٦]. وامتدت الهندسة الكلاسيكية من مدرسة الإسكندرية إلى القرن التاسع عشر. بالطبع لعب فى هذا التصور الجديد القرن الثالث قبل المــيلاد فى الإسكندرية، والقرنان التاسع الميلادى والعاشر الميلادى بخاصة فى اللغة العربية، وأواخر القرن الــسابع عشر الميلادى والقرن الثامن عشر الميلادي، أدوارا أساسية حددتها منهجية رشدى راشد فى التأريخ للعلــوم العربية.

لوضع الرياضيات والعلوم العربية فى موضعها الجديد، كان من مهام رشدى راشد، إذن، تقسيم تاريخ الرياضيات الكلاسيكية ورسم خريطة تكوينها من الرياضيات العربية والعلوم العربية والقرن السابع عشر الأوروبى الحديث معا. وذلك من خلال تحليل هندسة رنيه ديكارت ونظرية فِرما فى نظرية الأعداد والهندسة والهندسة الجبرية وغيرها من فصول الرياضيات وأبوابها. وبيَّن أنه لا يمكن فهم القرن السابع عشر الميلادى -كما أسلفت- من دون المعرفة الدقيقة بالقرن الثالث قبل الميلاد فى الإسكندرية، والقرنين التاسع والعاشر خاصة فى اللغة العربية، وأواخر القرن السابع عشر الميلادى والقرن الثامن عشر الميلادي. ودفعه ذلك كله إلى تجديد منهج التأريخ وإعادة تقسيم الفترات التاريخية ونقد الأفكار والتصورات السائدة حول النهضة العلمية فى القرن السادس عشر الميلادى والثورة العلمية وغيرها من المسلمات الشائعة.

II. المعايير فى كتابة التاريخ

٢-١- كتابة تاريخ الرياضيات الكلاسيكية

لا بد أولا من التفريق بين وجهات النظر الخاصة بالرياضيات العربية : الوجهة الفلسفية، الوجهة التاريخية، الجهة الأيديولوجية. فأكثر تواريخ العلوم شيوعا ليس سوى مجرد سرد لوقائع علمية أو فلسفات مثالية عن تاريخ فلسفات تبْحث فى نمو العلوم عن أمثلة تبرر بها الإيديولوجيات التى تحملها فلسفاتها[٢٧]. هناك إذن الاستغلال الأيديولوجى لنمو المعارف العلمية، فلا يبحث المؤرخ فى الآليات الفعلية المتحكمة فى عملية إنتاج المعارف العلمية، ولا يبحث فى طبيعة ذلك التاريخ وتفرده، إنما يثير أسئلة من خارج ويقدم أجوبة من خارج، فيرغم تاريخ العلوم على قول ما لا يقوله، كما يفرض فلسفة للتاريخ على تاريخ العلوم[٢٨].

و كان دستوت دو تراسى *Destutt de Tracy (1754-1836)*، الذى نحت، فى كتابه "عناصر الأيديولوجيا"، اللفظ *IDEOLOGIE* فى اللغة الفرنسية - و*IDEOLOGIE* فى اللغة الألمانية و*IDEOLOGY* فى اللغة الإنجليزية أو *IDEOLOGIA* فى اللغة الإيطالية أو أيديولوجيا فى اللغة العربية-، على صلة بكونديك (١٧١٥-١٧٨٠) صاحب المذهب الحسي. لقد استغنى عن الميتافيزيقا وعلم النفس بوصفهما علمين يتجاوزان حدود الواقع. ووضع محلهما علم الأفكار أو الأيديولوجيا، التى تقتصر على رد الأفكار إلى عناصرها البسيطة، ولا تدرس الأيديولوجيا غير الاحساسات والذكريات والعلاقات والرغبات والحركات، وتردها إلى أسبابها الفيزيائية. إنها تفحص العلاقات المتبادلة بين الجسم والروح عند الطفل، وعند الأشخاص المصابين بأمراض عقلية، وعند الهمجى وعند الحيوان. وبذلك كان كونديك يشتق المعرفة من المبادئ الخاصة بسلوك الفرد والمجموع. ولا حاجة بنا إلى أن نبين أن المبادئ الأساسية للإيديولوجيا مرتبطة

بالوضعية التجريبية. وقد كتب جورج كونجيلام فى القرن العشرين كتابا فى "الأيديولوجية والعقلانية فى تاريخ علوم الحياة" (١٩٧٧).

و ليس من شك أن رشدى راشد يلتزم، منهجيا، بالوجهة التاريخية، وبالوجهة الفلسفية، وبالوجهة الأيديولوجية. ينتقد رشدى راشد النظرة الأيديولوجية السائدة فى التأريخ للرياضيات العربية. فاحتياج الإيديولوجية العلمية إلى إسناد تاريخى لا يترك عملية التأريخ للعلم بعيدة عن التأثير الإيديولوجى فيها، كما أنه قد أثرت فى تلك العملية عوامل إيديولوجية أخرى كعامل الإيديولوجية القومية. والمفارقة، كما سنرى فى هذا الفصل، أن الإيديولوجية القومية الأوروبية الحديثة قد أسهمت فى توليد تاريخ العلوم بوجه عام كحقل معرفى مستقل بذاته ولذاته. والسبب هو أن تصور الإيديولوجية كتصور علمى يشكل جزءا من نظرية فى المجتمع وفى البنية الثقافية الاجتماعية، ولم يصبح موضوعا نظريا أوليا إلا بعد الحرب العالمية الأوّلى، بعد أن كانت الماركسية فى أواسط القرن التاسع عشر الميلادى قد صاغته كتصور رئيس فى نظرتها الاجتماعية-التاريخية. ورشدى راشد لم يكن بعيدا فى يوم من الأيام عن الماركسية، وليس من شك فى أنه كان عارفا بها تماما. لكن لا يعنى ذلك تطبيق رشدى راشد للمنهج الماركسى فى تاريخ العلوم إنما يعنى ذلك على وجه الدقة الاستعانة بأداة من أدوات التحليل من دون الاهتمام الكلى بشؤون الفكر الاجتماعى كما اهتم غيره بمحاولة تفسير اجتماعى لنشأة العلم العربى الإسلامى وتطوره. فهناك دلائل كثيرة على دوافع دينية اجتماعية لنشأة العلم العربي، لكن رشدى راشد لم يتخصص فى التفسير الاجتماعى لنشأة العلم العربى وتطوره.

لذلك فقد انتقد رشدى راشد فلاسفة التفسير الاجتماعى للعلم، لأن أغلبهم قال بأن العلم الكلاسيكى هو فى جوهره علم أوروبى وبأنه يمكننا أن نعرض لأصوله فى الفلسفة والعلوم عند اليونان ، وهذا القول لم يلحقه تغيير يذكر خلال القرنين الأخيرين. هكذا رأى رشدى راشد عمانوئيل كانط (*Immanuel KANT*) فى القرن الثامن عشر وأجست كونت (*Auguste COMTE*) فى القرن التاسع عشر ، والكانطيين الجدد والوضعيين الجدد فى القرن العشرين ، كما رأى هيجل (*G.W. F. HEGEL*) وإدموند هوسرل (*Edmund HUSSERL*)، والهيجليين والظواهريين والماركسيين ، رأى رشدى راشد أغلب المفكرين يسلمون بفكرة الانتماء الغربى الطبيعى للعلم، وإن كان يتفق مع الهيجليين، تمثيلا لا حصرا، حول فكرة "اتصال" التاريخ [٢٩].

تطورت الرياضيات العربية على يد أبى يونس والخوارزمى والكَرجى والحسن ابن الهيثم وشرف الدين الطوسى وأبى الحسن الأقليدسى والكاشى ونصير الدين الطوسى وغيرهم من العلماء المسلمين الذين ألفوا فى اللغة العربية. فهؤلاء لم يكونوا مجرد نقلة أو شارحين للرياضيات اليونانية، بل إن حاجات التطور الاقتصادى

والاجتماعى للحضارة العربية الناشئة لعبت دورها الأساس فى تطور الحساب وغيره من العلـوم الرياضـية بعامة. فإن تطور علم الفلك بدوافع دينية (رؤية الهلال...) أدى، من جهته، إلى تطور الرياضيات.

هذه هى أطروحة رشدى راشد.

و واضح أن البعد الإيديولوجى فى التحليل يشير إلى مشكلة أعمق بكثير هى مشكلة استبعاد الذات، نقـدياً، من مجال البحث، وذلك لاستعراض الموضوع نفسه. ويسلم تحليل البعد الإيديولوجى فى تاريخ العلوم بـصلة معينة بين الـذات والموضـوع. ولكـن هـذه الـصلة تـضطرب إلـى أبعـد حـد مـن وجهـة النظـر المعرفية/الابستمولوجية، وهى تثير المسائل الكبرى حين يكون الموضوع هو التاريخ وليس الطبيعة.

ففى العلوم الطبيعية نفسها عندما يتضح لنا تكوينها الحقيقي، فإننا نندفع دفعا إلى ملاحظـة أن المعرفـة لا تتمثل موضوعا وأنه لا يوجد موضوع يقبل التمثيل. فينبغى الاعتراف بمشاركة معينة للذات. وعلينا أن ندرك أن هذه المسألة ذات قيمة إيجابية لمعرفتنا بالطبيعة كلها، وأنها ليست تحديدا ضروريا وحسب مـن تحديـدات المنهج، وأن العبارة التى كتبها الفيلسوف الألمانى فى القرن الثامن عشر عمانوئيل كـانط (١٧٢٤-١٨٠٤) : "أن الذى يُعرف قبْلا *A PRIORI* فى الأشياء هو ما وضعناه نحن فيها"، هى عبارة تـصلح لمجـال تـاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها.

المقصود إذن هو البحث فى الطبيعة من دون الإحالة إلى الطبيعة بل بالعودة إلى ما أشار إليه العقـل. وإذا كان هذا الكلام صحيحا بالنسبة إلى علم الطبيعة، فإنه صحيح كذلك إلى حد كبير فيما يتعلق بتـاريخ العلـوم. ففيه تتدخل الذاتية بالمعنى العام للعقل النظري، أى بمعنى أن العقل النظرى يضع بعض المسلمات فى مستهل بحثه العلمي. وقد سبق أن وضع أقليدس "الأصول" فى دراسة الهندسة والحساب. واستهل كلامه الأول علـى الأصول بالكلام على "القضايا المبدئية" التى هى تصلح لمقالات "الأصول". وتركبت هذه القضايا مـن ثلاثـة وعشرين حدا، وخمس مسلمات، وخمسة أوليات.

أ- نظريات أرسطو

وكانت "المبادئ الخاصة"، فى منطق أرسطو وتحليلاته الثانية عن البرهان، تبين المبادئ التـى لا يمكـن البرهنة عليها فى البرهان، " فلا سبيل إلى أن يتبين كل واحد إلا من المبادئ التى لكل واحد، إذ كان الـشيء الذى يتبين إنما هو موجود من طريق أن ذاك موجود، فلا سبيل إلى علم هذا وأن يتبين بمقدمات صادقة غيـر محتاجة إلى البرهان وغير ذات أوساط. فإنه قد تبين على هذا النحو كما رام بروسن تربيع الدائرة، وذلـك أن هذا الكلام قد يدل على أمور عامة ليست متجانسة؛ وهذا هو موجود لشيء آخر أيْضا. ولهذا السبب قد تطابق هذه الأقاويل أشياء أخرى أيضًا ليست متناسبة الجنس. فإذن ليس يعلم من طريق أن ذاك موجود، لكن بطريق

العرض؛ وإلا فما كان البرهان نفسه يطابق جنسًا آخر."[٣٠] ليس العلم هو العلم بالعرض، بل هـو المعرفـة الضرورية[٣١] يعنى أرسطو بالأوائل *PRINCIPES* فى كل واحد من الأجناس تلك التى لا يمكن المبرهن أن يبرهن أنها موجودة. والمبادئ الخاصة هى تلك التى تتعلق بالأمور الموجودة. وهذا هو الذى ينظر العلم مـن أمره فى الأشياء الموجودة بذاتها، من دون الحاجة إلى برهان. مثال ذلك بحثنا فى علم العـدد عـن مـدلول مصطلح "الوحدة"، وفى علم الهندسة عن مدلول مصطلح "النقط". ما هو الفرد؟ ما هو الزوج؟ ما المربع؟ مـا المكعب؟ الدائرة؟ وكلها مصطلحات موضع برهان، فبرهان المحمولات الجوهرية، ضروري. كذلك لا بد من وضع وجود هذه المصطلحات. و.هو ما لم يضعه أقليدس فى صورة مباشرة فى "الأصول". وأما فـى الجبـر فنبحث عن الجواب على الأسئلة : ما هو الأصم؟ ما المنكسر؟ ما المنعطف؟ وأما أنها أمور موجـودة فهـو الجانب الذى يبرهن عليه الباحث فى علم الهندسة وعلم النجوم.

وقد يشارك جميع العلوم بعضها بعضًا فى الأمور العامية، وأعنى بالعامية التى يستعملونها على أنهم منها يبينون، لا لما فيه يبينون، ولا أيضًا ما إياه يبينون. إن كل علم برهانى، سواء أكان علما حسابيا أو هندسـيا، هو فى ثلاثة أمور *AXIOMES OU NOTIONS COMMUNES* :

١- الأصل الموضوع (تفرد الجنس)؛

٢- الأوائل التى منها يبين الباحث؛

٣- دلالة الألفاظ : ماذا يدل كل واحد من الألفاظ؟

إن المقصود بهذه الأمور المشتركة بين العلوم هو الأرضية القياسية المشتركة بين العلوم، التـى لا تعنـى الأرضية البرهانية المشتركة، لأن كل مصادرة تتعلق بحدود جنس الموضوعات التى يدرسها العلم.

تستعمل الهندسة المصادرات نفسها فى حساب الكميات. ولا تتجاوز صحة البرهان حـد الجـنس الـذى يدرسه العلم، فلكل جنس برهان. وذلك عائد إلى نظرية انقطاع الأجناس، التى هى أساس العلم عند أرسـطو. من السؤال المحدد يكون قياس مناسب خاص فى واحد من العلوم. ليس كل سؤال يوجد هندسـيًا ولا طبيًـا. وكذلك فى تلك العلوم الأخرى. وأما القول فى المبادئ فلا ينبغى للمهندس أن يوفى السبب بما هـو مهنـدس، وكذلك فى العلوم الأخرى. فليس ينبغى إذن أن يسأل كل واحد من العلماء عن كل شيء؛ ولا أيضًا ينبغـى أن يجيب عن كل ما يسأل فى كل واحد به ؛ لكن إنما يجب أن يجيب عن أشياء محدودة فى علمه. فإذن لا سبيل إلى الكلام فى الهندسة بين قوم غير مهندسين. وكذلك فى العلوم الأخرى. وتعود نظرية الانقطاع بين العلـوم نفسها إلى النظرية القياسية للعلم. ولكى يستقيم القياس لا بد أن تنطبق الحدود الثلاثة على الجنس نفسه :

١- موضوع البرهان، أى النتيجة، أى المحمول بذاته على جنس معين؛

٢- المصادرات أساس البرهان؛

٣- يبين البرهان خواص الذات ومحمولاته الجوهرية من خلال الجنس.

و قد تنقص العناصر وقد تكون ضمنية وتقضى بالتوضيح. ويتعارض هذا التصور مع الرياضيات الحديثة التى تقارب البنيات والمجموع، حيث ترابط العملية الرياضية، وحياد عنصر المجموع وتحديد مسألته. وهــذه النظرية الرياضية الحديثة للمجموعات لا محل لها فى الهندسة ولا موضع لها فى الجبر، بينما تبــين أهميــة تصور المجموعة ونموذج البنيات والنماذج المنطقية، فى ميدان منطق المحمولات.

ب – المسلمات

والمسلمات، فى اللغة العربية، قضايا تسلم من الخصم ويبنى عليها الكلام لدفعه سواء كانت مــسلمة فيمــا بينهما، أو بين أهل العلم، كما قال الجُرجاني. والمسلمات عند ابن سينا قسمان : معتقدات، ومــأخوذات. أمــا المعتقدات فهى ثلاثة أصناف : الواجب قبولها، والمشهورات، والوهميات. وأما المأخوذات فهــى صــنفان : مقبولات، وتقريريات، والتقريريات تشتمل على المصادرات والموضوعات. وأما التقريريــات، حــسب ابــن سينا، فإنها المقدمات المأخوذة بحسب تسليم المخاطب، أو التى يلزم قبولها، والإقرار بها فى مبادئ العلوم، إما مع استنكار ما، وتسمى مصادرات، وأما مع مسامحة ما وطيب نفس وتسمى أصولا موضوعة، فكل مصادرة أو أصل موضوع مسلمة، وليست كل مسلمة بمصادرة أو أصل موضوع، ومعنى ذلك أن المسلمة جنس لعدة أصناف من القضايا، وهى تــشمل الافتراضــات والأوليــات والبــداهات والمــصادرات والأوضــاع، أى الموضوعات. وعند ابن الهيثم فإن كيفية التحليل الرياضى هو أن يفرض الباحث المطلوب، ثــم ينظــر فــى خواص موضوعه اللازمة لذلك الموضوع إلى أن ينتهى إلى معطى المطلوب وغير ممتنع فيه. فهذا هو كيفية التحليل بوجه عام. فإذا انتهى هذا النظر إلى المعنى المعطى ، قطع النظر فى ذلك المطلوب. والمعطــى هــو المعنى الذى لا يمكن دفعه.

وفى ما سمى فى العلم الغربى باسم "العصور الوسطى"[٣٢]، كان هناك فرق بين المسلمة الموضوعة فــى غير موضعها مثل عبارة ""الكلب" كوكبة نجوم سماوية"، وأما المسلمة الموضوعة فى موضعها، فهــى علــى وجوه متعددة.

إن المسلمة هى تعقيل وقائع تاريخ العلوم. كان فرانسيس بيكون (القرن السادس عشر) وميل (القرن التاسع عشر) رمزين مختلفين من رموز التجريبية. بالنسبة للعقلانيين أمثال ليون برانشفيج (١٨٦٩-١٩٤٤)، وجاستون باشلارد وجون بياجيه ومارسيال جيرو وجون نابير وآلكسندر كويريه وغيرهم من فلاسفة العلوم المعاصرين ممن أثر فيهم ليون برانشفيج، تؤسس المسلمة العقلية للواقع. أما بالنسبة إلى ميل وبيكون فإن كل شيء قد بنى من قبل. لكن لابد من التفريق بين نوعين من التجريبية :

البرهان على إمكانية تجاوز الخبرة؛

كيف بلوغ القوانين؟ وحل هذه المشكلة الأخيرة يتم من طريق الانتقاء والعزل والاختبار. المشكلة الأوّلى هى مشكلة معطيات الخبرة أو الآلة أو المسلمة. أما المشكلة الثانية فهى الافتراض (المعطيات) ثم الآلة ثم التسليم فى مقابل النفي.

ولا بد من التفريق بين العالم والفيلسوف التجريبي. لأن التخطيط غير كامل نتيجة غيبة المسلمة وفى حال غير مناسب بلا مسلمة وبلا تخطيط.

٢-١-١- البحث العربى عن المستحيل

يرفض رشدى راشد وضع المسلمات *VORAUSSETZUNGEN*، بسبب استراتيجيته الظاهرية فى كتابة تاريخ العلوم، كما سأبين فيما بعد. ومع أن رشدى راشد يرفض فلسفة هيجل فى غير موضع، فإن رفضه لوضع المسلمات أقرب لعبارة هيجل الأوّلى التى تفتتح الفقرة الأوّلى من " أسس دائرة المعارف الفلسفية " (١٨٣٠)، والتى تقول ؛ إن الفلسفة تفتقد *ENTBEHRT* المقدرة *ZU KONNEN* على أن "تسلم" *VORAUSSETZEN* بموضوع *GEGENSTANDE* أو بمنهج *METHODE*[٣٣]. وبعد هيجل بقرن تقريبا، قال إدموند هوسرل القول نفسه فى الفصل الأول من أوّلى بحوثه المنطقية عن "التعبير والدلالة" *AUSDRUCK UND BEDEUDUNG*، حيث أكد الامتناع الضرورى للمسلمات *VORAUSSETZUNGSLOSIGKEIT* بما فى ذلك المسلمات الميتافيزيقية والنفسية أو تلك الصادرة عن علوم الطبيعة نفسها. وقد بلغ هذا الاتجاه مداه فى نظرية المعرفة الفوضوية عند بول فييرآبند *PAUL FEYERABEND* "ضد المنهج" (١٩٧٥) فى العلم. فالرياضى ليس ملزمًا بانتقاء مذهب معين حول طبيعة الضوء، تمثيلا لا حصراً أو حول أسباب الانعكاس أو الانكسار.

و قد قال جاك ديريدا "إن خطر مهمة التفكيك، يكمن، فى الإمكانية، أى فى إمكانية تحول التفكيك، إلى مجموعة من الإجراءات المضبوطة والممارسات المنهجية والدروب المفتوحة. وتكمن أهمية التفكيك وقوته ورغبته، إذا كان لديه رغبة، إنما فى نوع معين من خبرات المستحيل *IMPOSSIBLE*، أى كما سأشير إلى ذلك فى آخر المحاضرة، فى الآخر وخبرة الآخر، بوصفه ابتكارا للمستحيل، بعبارة أخرى، بوصفه الابتكار الممكن الوحيد." (٣٤) . وتنبه محمد بن موسى الخوارزمى للحالة التى يستحيل فيها إيجاد قيمة حقيقية للمجهول فقال إن المسألة تكون فى هذه الحالة مستحيلة .

و فى لغة الخوارزمى : "وأما الأموال والعدد التى تعدل الجذور فنحو قولك مال وأحد وعشرون درهما كان ما اجتمع مثل عشرة أجذار ومعناه أى مال إذا زدت عليه واحد وعشرين درهما كان ما اجتمع مثل عشرة أجذار ذلك المال. فبأبه أن تنصف الأجذار فتكون خمسة فاضربها فى مثلها تكون خمسة وعشرين فأنقص منها الواحد والعشرين التى ذكر أنها من المال فيبقى أربعة فخذ جذرها وهو اثنان فانقصه من نصف الجذر وهو خمسة فيبقى ثلاثة وهو جذر لمال الذى تريده والمال تسعة. وان شئت فزد الجذر على نصف الأجذار فتكون سبعة وهو جذر المال الذى تريده والمال تسعة وأربعون. فإذا وردت عليك مسألة تخرجك إلى هذا الباب فامتحن صوابها بالزيادة فان لم تكن فهى بالنقصان لا محالة وهذا الباب يعمل بالزيادة والنقصان جميعا وليس ذلك فى غيره من الأبواب الثلاثة التى تحتاج فيها إلى تنصف الأجذار. واعلم انك إذا نصفت الأجذار فى هذا الباب وضربتها فى مثلها فكان مبلغ ذلك اقل من الدراهم التى مع المال، فالمسألة مستحيلة."

وقد سبق أن قصد شرف الدين الطوسي، تمثيلا لا حصرا، فى كتاب "المعادلات"، البحث فى " معادلات الدرجة الثالثة التى يقع فيها المستحيل *IMPOSSIBLE* ". وأما المعادلات التى يقع فيها المستحيل *IMPOSSIBLE* فخمس مسائل. وخصّص الطوسى الجزء الثانى من الكتاب لدراسة المعادلات الخمس التى تحوى "حالات مستحيلة" ، أى حالات لا يوجد فيها أى جذر موجب، وهى المعادلات :

$(21)\ x^3 + c = ax^2\ ;$

$(22)\ x^3 + c = bx\ ;$

$(23)\ x^3 + ax^2 + c = bx\ ;$

$(24)\ x^3 + bx + c = ax^2\ ;$

$(25)\ x^3 + c = ax^2 + bx\ ;$

وهكذا سجل شرف الدين الطوسى "حالات مستحيلة" كما سبق أن سجل الخيام "المسائل المستحيلة". إن كلاً من المعادلات الخمس السابقة أمكن رشدى راشد أن يكتبها فى الصورة الحديثة $f(x) = c$ ، حيث f دالة متعددة الحدود. ولكى يميز شرف الدين الطوسى الحالات المستحيلة ويحددها ، كان على الطوسى دراسة التقاء المنحنى الذى يمثل $y = f(x)$ مع المستقيم $y = c$. كان "المنحني" يعني، عند الطوسي، القسم من هذا المنحنى المتمثل بالجزء :

$$y = f(x) > 0 \text{ و} x > 0$$

وهو جزء من المنحنى يمكن عدم وجوده. ولا معنى لها إلا فى حال كون $x > 0$ وكون $f(x) > 0$ وإنه فى كل حالة من الحالات كان يضع الشروط التى تكون ضمنها $f(x)$ موجبة قطعًا. ففى المعادلة (٢١) وضع الشرط $0 < x < a$، وفى المعادلة (٢٢) الشرط $0 < x < b$ ، ويحدد هذا الشرط نفسه فى المعادلة (٢٣) مع أنه لا يكفي. ومع أن الطوسى فى المعادلات (٢٤) و(٢٥) لم يحدد فى البداية مثل هذه الفسحة التى ينحصر ضمنها x ، إلا أنه يحدد مثل هذه الفسحات عندما يشرع فى دراسة "حصر الجذور".

ووقع تصنيف المسائل المستحيلة، عند إبراهيم ابن سنان، ضمن المسائل المستوفاة الشروط والفروض والتى لا تحتاج فى أن تخرج المسألة منها أو لا تخرج إلى زيادة فى الشروط والفروض ولا نقصان ولا تغيير، ومثل ذلك التصنيف تصورا جديدا ونظرية وجودية جديدة فى ذلك الوقت من تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها. فقد بدأ علماء الرياضيات العرب، فى ذلك الوقت وضد التحليل الديوفنطسي، التفكير فى صياغة نظرية المستحيل. حقق رشدى راشد وقدم "لديوفنطس الإسكندراني، فن صناعة الجبر، ترجمة قسطا بن لوقا" (١٩٧٥) و" الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٤) و"الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٥) و"ديوفنطس : علوم العدد، الكتاب ٤" (١٩٨٤) و" ديوفنطس : علوم العدد، الكتب ٥ و٦ و٧" (١٩٨٤) و"كتاب ديوفنطس الاسكندرانى فى علم العدد" (١٩٨١). ويتصدر تحقيق أعمال ديوفنطس الاسكندرانى مشروع رشدى راشد ويمثل إحدى علامته البارزة والأساسية. وبين رشدى راشد للمرة الأولى أن الترجمات العربية لكتابات ديوفنطس، الذى عاش فى الإسكندرية ومات بها مسنًا على ما يبدو فى فترة يختلف المؤرخون فى تحديدها بين عام ١٥٠ قبل الميلاد وعام ٢٥٠ بعد الميلاد، كانت هى السبيل الوحيد لمعرفة الأوروبيين بالنصوص اليونانية عند انتقالها إلى أوروبا فى العصر الوسيط وما سمى بعصر النهضة. فلقد فقد الأصل اليونانى لبعضها ولم تبق إلا الترجمات العربية. وهناك العديد من الأمثلة من كتابات أبلونيوس وبابوس كما بين مؤرخو العلوم فى القرن التاسع عشر الميلادي. لم يُعن رشدى راشد بالتحليل الديوفنطسى التقليدى الذى يشكل جزءا من الجبر إنما يُعنى بالتحليل الديوفنطسى الذى يتعلق بمجموعة الأعداد الصحيحة. لقد نشأ هذا التحليل

فى القرن العاشر الميلادى لخدمة الجبر ومناهضته فى آن. لقد نشأ تحليل "المسائل المستحيلة" الهندسية لمناهضة جبر ديوفنطس. وأما المسائل التى ما لا تخرج البتة من الشروط والفروض المستوفاة، عند ابن سنان، فكقولك: نريد أن نقسم خطأ بقسمين يكون ضرب أحدهما فى الآخر مثل مربع الخط كله. فإن هذه "المسألة مستحيلة"، كما سجل إبراهيم ابن سنان : كيف قسم الخط؟ بأى مقدار كان؟ كيف تصرفت به الحال؟ وعلى هذا المثال لو قيل : كيف نخرج من نقطة خارج دائرة خطًا يقطعها؟ إذا أضعفت الزاوية التى بين القطر الذى يمر بتلك النقطة وبين الخط الخارج، كانت أقل من الزاوية التى يحيط بها الخط المماس للدائرة مع ذلك القطر، وإذا قسم الخط الذى يقع فى الدائرة من الخط الخارج من تلك النقطة بنصفين، وأخرج من نصفه عمود على ذلك القطر كان مساويًا لخط معلوم، هو ربع القطر.

أ- منهج رشدى راشد التاريخي

واقع الأمر أن الرياضى العبقري، كما سأبين فيما بعد، لم يعد ذلك العالم الذى يتخفي، إنما هو صار ذلك الباحث المبدع الذى يخفى مسلماته الميتافيزيقية والنفسية والمعرفية والأيديولوجية، بل يخفى البحث عن المسلمات. واستراتيجية رشدى راشد فى التأريخ للعلوم العربية تقوم على نقد المخطوطات القديمة من دون مسلمات حول الوجود الإنسانى بوجه عام. العلم الرياضى نفسه هو علم بأحوال ما يفتقر فى "الوجود" الخارجى من دون التعقل إلى المادة كالتربيع، والتثليث، والتدوير، والكروية، والمخروطية، والعدد وخواصه، فإنها أمور تفتقر إلى المادة فى وجودها، لا فى حدودها. وكان قد سعى السموأل بن يحيى بن عباس المغربى (متوفى حوالى سنة ٥٧٠ هـ / ١١٧٥ م) إلى بناء متتالية من الأعداد النسبية تتقارب مع عدد جبرى حقيقى معطى. ولأن الوسيلة التى بحث عنها يفترض بها أن تؤسس جميع التقريبات من خلال الإعادة، فهو يعتمد طريقة تكرارية. مع ذلك خاض السموأل وأغلب علماء الرياضيات فى القرن الثانى عشر الميلادي، كما خاض رشدى راشد، بنحو خاص جداً، فى مسائل الوجود النظرية.

لكن كان رشدى راشد يرى – وما زال – أن مؤلفات عمر الخيام الرياضية هى من أهم الآثار العربية الرياضية بل هى من أهم الآثار الإنسانية الرياضية. ونشر رشدى راشد آثار الخيام الجبرية. فأحيا بهذا آثار أول من صاغ نظرية هندسية للمعادلات الجبرية وأسهم بصورة معينة فى إبداع الهندسة التحليلية بالمعنى الذى ورد فى كتاب ديكارت عن "الهندسة" فى القرن السابع عشر الميلادي. فى الوقت نفسه ألف الخيام "الرسالة الأولى فى الوجود أو "الضياء العقلى فى موضوع العلم الكلى"؛ رسالة فى الوجود؛ رسالة فى اللغة الفارسية فى كلية الوجود. وبالتالى جمع الخيام بين البحث فى الرياضيات والبحث فى الوجود. وفى الفترة المعاصرة درس عبد الرحمن بدوى وحقق نصوص الفلسفة والعلوم عند العرب ورأى أن مذهبه الوجودى الغربى يصلح

أن يكون فكرا للمجتمع العربى ككل، وتبريره لهذه الصلاحية هو التراث الإسلامى الصوفي. والتصوف، كالشعر، يقدم أجوبة فردية، شخصية. من هنا أسس عبد الرحمن بدوى للجمع بين التراث الصوفى العربى القديم والوجودية الغربية المعاصرة، من جهة، وللجمع بين الوجودية وتاريخ العلوم، من جهة أخرى.

فأهم المسائل، لا جواب عنها فى تيار فكرى واحد. الجواب الأكثر صحية هو الذى يجيء من التطبيق المتبادل بين المناهج الفكرية المختلفة. لم يعد هناك إمكان لتقديم جواب يقتصر على الفلسفة أو العلم أو أى تيار فكرى بمفرده. الجواب ينبغى أن يكون متكاملا يصدر عن معارف ومناهج متكاملة. طبعا، هذا صعب معقد. لكن هذا ما حاول أن يسطره عبد الرحمن بدوي، وما حاول أن يفكر فيه رشدى راشد من بعده.

تاريخ العلوم العربية والوجودية الغربية : عنوان أثار ولا يزال يثير استنكارا، أو على الأقل، اعتراضا. لا ممن يعنون بالوجودية، وحدهم، وإنما أيضا ممن يعنون بتاريخ العلوم. وسواء أ كانت هذه العناية، فى الجانبين، سلبية أو إيجابية، فإن الجمع بين هذين الاتجاهين كان ولا يزال موضع استغراب، وبخاصة أن عبد الرحمن بدوى نفسه أراد عن وعى تام عدم رفع المتناقضات بين التيارين، تاريخ العلوم العربية، والوجودى الغربي. ولذلك، انعدم الاتصال بين التيارين، وإن أمكن اجتياز ما بينهما من هوة بواسطة الطفرة. بين تاريخ العلوم العربية والوجودية عند عبد الرحمن بدوى وحدة متوترة، وليس فيها أى معنى من معانى التوفيق أو الرفع للتعارض أو التخفيف على أية صورة كانت، بل بالعكس : كلما ازداد قدر التوتر فى الوحدة، كان ذلك إيذانا بأنها حقيقية.

و رشدى راشد نفسه، مع إنه رفض بوضوح وضع مسلمات حول الوجود الإنسانى بوجه عام، فقد بحث فى شروط إمكان تطبيق الرياضيات فى ميدان العلوم التى تدرس الوجود الاجتماعى بوجه عام، كما درس شروط إمكان الاستعانة بالتاريخ التطبيقى للعلوم فى تحديث المجتمع العربى المعاصر. ***كان الباعث على بحث رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها هو البحث فى ترييض العلوم الاجتماعية أو فى ما سُمى باسم "الصياغة الرياضية" للعلوم الاجتماعية وبنيتها الرياضية.*** ويعود الانتباه الأصلى إلى ترييض العلوم الاجتماعية كعقائد لإشكالية، فى إطار بحث رشدى راشد-كما سنشير إلى ذلك فى سياق الكلام على "الرياضيات المزدوجة أو التطبيقية"- ومحتوياتها، نلاحظ أن مشكلة السَمْطقة اللامتناهية *Unlimited semiosis*، أى العلاقة العلامية بين الشكل الرياضى والمضمون الاجتماعى، التى تتكون منها الرياضيات التطبيقية، تنطرح على الدوام -فى إطار العملية اللامتناهية الافتراضية التى تحل من خلالها العلامة أو مجموعة العلامات محل علامة أو مجموعة علامات أخرى- عندما نفكّر فى وضع العلوم الاجتماعية غير الرياضية، أى فى تفسير العلامة غير الرياضية بمفسرة *Interpretant* – هى العلامة الرياضية. ومن دون

هذا الإحلال المتبادل بين العلامات، أى من دون الالتباس **فى "الرياضيات الخالصة" ومتناقـضاتها الدلاليـة**، يعجز الباحث عن استعمال الصور والمجاز، من جهة، كما يعجز الباحث عن ترحيل نظرية قائمـة *Théorie confisquée* ، بحسب اصطلاح جورج كونجيلام *Georges CANGUILHEM*، إلى مكان آخـر ولأهـداف أخرى : كيف بالإمكان ترييض العلوم الاجتماعية لكى تصبح العلوم الاجتماعية والإنسانية، علومـا بـالمعنى الصحيح للمصطلح والكلمة والفكرة؟ كيف بالإمكان ترييض دراسة الأخلاق أو دراسة الاقتـصاد أو دراسـة السياسة أو دراسة التاريخ؟ من جهة أخرى، يعنى رشدى راشد "بالتاريخ التطبيقى للعلوم" كيفيات الاستفادة من تاريخ العلوم للإسهام فى التحديث العلمى فى مصر والوطن العربى وبلدان ما سمى بالعالم العربي. وذلك من طريق إنشاء المدينة العلمية، وإعادة النظر فى تصور الترجمة العلمية وسياستها على أساس من ربط الترجمة بالإبداع العلمى وربط العلم باللغة. ومن هنا فلا بد من "تسبنه" وضع رشدى راشد لمـسلمات حـول الوجـود الإنسانى بوجه عام. بعبارة أخرى، مثل امتناع رشدى راشد عن وضع مسلمات حول الوجود الإنسانى بوجـه عام، امتناعا نسبياً.

تقوم، إذن، إستراتيجية رشدى راشد فى التأريخ للرياضيات العربية وفلسفتها على تحقيـق المخطوطـات القديمة من دون وضع مسلمات حول المعرفة الإنسانية بوجه عام، بل تمتنع الإستراتيجية الظاهرية عن الكلام فى المعرفة الإنسانية بوجه عام، وتمتنع الإستراتيجية الظاهرية عن وضع مسلمات تاريخ العلـوم ومنهجـه. وهو موقف متميز، لأن كورت فون فريتس *Kurt von Fritz*، تمثيلا لا حصرا، قـد حـدد الأسـس الكليـة والمسلمات، قبل البحث فى المسائل الأساسية فى تاريخ العلم اليونانى القديم(٣٥) . بعبارة أخرى، راعى رشدى راشد فى مجال إثبات المخطوطات والنصوص والشذرات العربية القديمة وترجمتها أكثر المعايير صرامة، بل أكثرها "غلوّا".

إن عمل رشدى **راشد كمؤرخ للرياضيات** العربية وفلسفتها لا يتبع سلفاً منهجا محددا تمـام التحديـد. ولا يبتغى منحاه صياغة منهجية ولا بناء إرث معرفى يفرض العودة إليه وتداوله. لكن منحاه، مع أنه يـرفض أن يتحول إلى منهجية. فهو فى الوقت نفسه، لا يتحول إلى التجريب ولا إلى الانطباعية. فنحن لا نقدر أن نعلـم إلا باعتماد الذاكرة التاريخية، وإلا فلا أهمية لعلمنا. فهو من الذين يقولون بالرجوع إلى المخطوطات القديمـة ويدعون إلى قراءتها. كيف بالإمكان عرض تلك المخطوطات العربية القديمة ؟ كيف بالإمكان الكـشف عـن المخطوطات العربية القديمة ونقلها ، من دون تحليل لبنية التصورات التى انصهرت فيهـا والـصلات التـى ربطتها مع غيرها ، والمسائل التى صدرت عنها، والمتغيرات التى أصابتها ، وصولاً إلى سوء الفهـم الـذى وقعت ضحيته؟ ذلك هو سؤال المؤرخ الخاص.

إن الاقتصار على سرد التواريخ وتحديد المؤثرات ، أو مجرد إقامة العلاقة بين محتويـــات المخطوطـــات المكتشفة، يعد بحثاً مهماً أهمية محدودة. يعدل رشدى راشد التساؤل عن المسلمات التاريخية للنتاج الجبـــرى ، تمثيلا لا حصرا. ويعدل المسلمات الإيديولوجية فى صياغة السؤال والجواب على السواء. تمثل معرفة العلـــم موضع البحث شرطا ضروريا وإن لم يكن شرطا كافيًا لاجتناب المسلمات الإيديولوجيـــة. فهـــذه المعرفـــة – المعرفة التى يقدمها رشدى راشد– بتاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها هى معرفة جزئية وناقصة. وبالتالى لا يجوز فى الوقت الراهن الجواب "الكلي" على سؤال المسلمات الاجتماعية الشاملة للإنتاج العلمى العربـــي. إن الوضع الاجتماعى يحفز *INCITATION* من خارج العلم –استعمال العلم فى البيئة : لغة التعلـــيم، التركيـــب الصناعى للدولة، نشر الثقافة العلمية– من دون أن يمثل السبب المباشر ولا العلة المباشرة فـــى نـــشأة هـــذه النظريات العلمية أو تطور تلك(٣٦). فإن الخوارزمي، تمثيلا لا حصراً، أورد فى مقدمة كتابه فى الجبـــر أنـــه ألف من "كتاب الجبر والمقابلة كتابا مختصرا حاصرا للطيف الحساب وجليلة لما يلزم الناس من الحاجة إليـــه فى مواريثهم ووصاياهم وفى مقاساتهم وأحكامهم وتجاراتهم، وفى جميع ما يتعاملون به بيـــنهم مـــن مـــساحة الأرضيين وكرى الأنهار والهندسة وغير ذلك من وجوهه وفنونه"، أى أن الخوارزمي، تمثـــيلا لا حـــصراً، أورد فى مقدمة كتابه فى الجبر أنه ألف من "كتاب الجبر والمقابلة" كتابا حصر فيه "الحساب" وحاجات النـــاس إليه فى مواريثهم ووصاياهم وفى مقاساتهم وأحكامهم وتجاراتهم، وفى العلاقات الاجتماعية كافة، ولـــم يكـــن الجبر مباشرة هو العلم الذى احتاج إليه الناس فى مواريثهم ووصاياهم وفى مقاساتهم وأحكـــامهم وتجـــاراتهم، وفى العلاقات الاجتماعية كافة، بل كان الحساب هو الواسطة بين الحاجات الاجتماعية وبين الجبـــر. مثلـــت القطوع المخروطية، تمثيلا لا حصرا، طريقا لحل مسألة المعادلات التكعيبية، مما أسفر عن نشأة فصل جديـــد فى الرياضيات من دون أسباب اجتماعية واضحة.

وهناك أمران يؤيدان موقف رشدى راشد مع أنه يعترف هو نفسه بسلبية موقفه. بحث رشدى راشـــد فـــى استقلال الجبر. وأكد ذلك على مستوى إنتاج المبرهنات وإنشاء القضايا. هذه المعرفة تسم أى علـــم مـــستقر . وقبل مناقشة مسألة مسلمات الإنتاج ينبغى أن تتوسط العلوم وتتجزأ. وهذا التوسط يقضى بمعرفة العلوم كافـــة – الحساب ، وعلم المثلثات والأرصاد الفلكية ... – التى يرتبط بها هذا العلم . كما تقضى التجزئـــة بتحديـــد العوامل الثقافية التى قد تؤثر فى الإنتاج العلمى. وإذا انصرف المؤرخ عن التفاصيل التقنيـــة، فإنـــه يتـــوهم بالضرورة أحد الوهمين التاليين:

تحويل المسلمات عـــن تـــاريخ العلـــوم إلـــى سرد لتاريخ العلوم بعينه. وهكذا فمـــذهب إميـــل دوركـــيم (١٨٥٨–١٩١٧) أو مذهب ماكس فيبر (١٨٦٤–١٩٢٠) أو مذهب كارل ماركس (١٨١٨–١٨٨٣) يـــصبح

هو التفسير نفسه. ويصوغ المؤرخ فى هذه الحال، مسلمات تتعالى على المبرهنات وعلـى إنـشاء القـضايا موضع البحث؛

الاعتقاد بأن الاستقصاء التجريبي للعناصر الثقافية المتفرقة هو الجواب النهائي.

هذان الوهمان يسودان حتى الآن تفسيرات ظاهرة الإنتاج العلمى. وتدعم ندرة الدراسـات العلميـة حـول تاريخ الخلافة الإسلامية وبخاصة نظامها أو أنظمتها الاقتصادية، هذين الوهمين.

ب- الانغلاق المعرفى

لكن عاد رشدى راشد إلى العلوم التى شاركت فى ولادة العلوم الأخرى كما عاد، تمثيلا لا حـصرا، إلـى علم الجبر. ووصف رشدى راشد، أولا، حالة الجبر. وهذه المشكلة تبدو أنهـا تظهـر بقـوة عنـدما تتعلـق بالرياضيات بعامة وبالجبر بخاصة. وما يود رشدى راشد قوله هو إن الجبر حقل متميز وقسري. فهو متميـز بالمقدار الذى يؤسس – فى العلاقات بين العلم والمجتمع المحددة– لما أمكن رشـدى راشـد أن يـسميه بــ "الانغلاق المعرفي" فى الإنتاج الرياضي، ذلك الانغـلاق الـذى سـبق أن رفـضه جـون كافيـاس *Jean CAVAILLÈS* فى فلسفته الرياضية(٣٧).

يقصد رشدى راشد "بالانغلاق المعرفي" أنه عند عتبة معينة أو مرحلة ما مـن تطـور العلـم ، يبـرهن الرياضى مبرهنة فى الجبر بسلسلة من المبرهنات الأخرى التى كانت من مسلمات الرياضيات نفـسها. هـذا الإطار يؤسس للعلاقة بين العلم والمجتمع ويحدد بداهة ووضوحًا لا توفرهما العلـوم الأخـرى. لكـن هـذا "الانغلاق المعرفي" قسرى، لأنه لو ارتبط العلم والمجتمع أو الجبر والمجتمع ، لقضى بمضاعفة العلوم الواقعة فى الوسط كيما يفهم على أى صعيد وبأية كيفية يتحدد موقع هذا الارتباط. ويود رشدى راشد أن يبين أنـه لا يمكن درس الصلات بين الجبر والظروف الاجتماعية من دون معرفة الحساب وعلـم الفلـك أى مـن دون استقصاء الفروع المختلفة للحساب وعلم الفلك.

بهذا المعنى نظر رشدى راشد لتصور "الانغلاق المعرفي". ومن أهم خواص الأثر العلمى استمراريته، فهو نهائى منغلق بين حد الكلمة الأوَّلى والكلمة الأخيرة ونقطة النهاية. ولقد اعتنى رشدى راشد بتحديـد التنـاهى البنيوي. وهناك بعض المخطوطات التى توحى فيها البداية بالنهاية فينبغى عند ذلك العودة إلى بعض عناصر البداية المؤشرة للخاتمة. فإذا كان الجبر قد حل مسائل عملية، تمثيلا لا حصرا، على هذا المستوى البـسيط ، فأمكن رشدى راشد أن يحدد هذه المسائل العملية. فإذا كان الجبر قد تطور من أجل تقسيم المواريـث ، فإنـه

اندمج فى نظام اقتصادى محدد. إذ يمكن لتقسيم الميراث الاستعانة بالجبر، لكن الجبر فى تطوره - وهذا ما يحاول رشدى راشد تبيانه - ليس بحاجة إلى تقسيم الميراث، وهذا يعنى أن الرياضى لم ينتج مبرهنات لأسباب من خارج العلم. كانت هناك علاقة بين الجبر وتوزيع الميراث فى البدايات الأولى للجبر عند الخوارزمى وأبى كامل وغيرهما من العلماء، لكن هذه العلاقة اختفت فى القرنين الحادى عشر والثانى عشر. مع ذلك لم يقل رشدى راشد إنه لم يكن هناك من "انغلاق معرفي" عند الخوارزمى أو أبى كامل إنما هو يبحث فى القرنين الحادى عشر والثانى عشر، حيث انقطعت الصلة بين الشروط الاجتماعية والإنتاج الرياضى. واستبعد رشدى راشد نوعًا محددا من العلاقة الاجتماعية إذا صح القول . أى أنه استبعد تأثير مسلمة ما خارجية أو اجتماعية أو اكتشاف أو إنتاج مبرهنة ما، فى القرنين الحادى عشر والثانى عشر. لكن بعد اكتشاف مبرهنة معينة ، ماذا كانت العوامل الاجتماعية التى أثرت فى تطبيق هذه المبرهنة أو ذلك الكشف؟ عاد رشدى راشد إلى تكوين الجبر نفسه ورأى كيف أثرت المسلمات الاجتماعية ليس فى الجبر كجبر لكن من خلال توسط الحساب وعلم الفلك وعلوم غير جبرية. لتطبيق الجبر على ظواهر خارجية ، يلجأ الباحث إلى دراسة الحساب. فى المقابل، هل تطبيق الحساب بحاجة إلى وسيلة أخرى ؟ لماذا ؟

تتعلق حاجة الحساب في التطبيق إلى وسيلة أخرى، بحالة الحساب، ولذا قال رشدى راشد إنه ينبغى تحديد نوع الحساب موضع البحث. فهو يحاول أن يبين مشكلة الجبر ، فما الذى نقصده إذن بالشرط المتميز والقسرى فى هذه العلوم التى تؤسس لمشكلة العلاقة بين العلم والمجتمع ؟ إن هذه العلاقة الرياضية المحددة هى أوضح من العلاقة الميتافيزيقية بين العلم والمجتمع. وهى أوضح من العلاقة الفيزيائية بين العلم وما سمى فى الغرب باسم "القرون الوسطى". فبالإمكان أن تتدخل مجموعة من المسلمات الإيديولوجية فى العلاقة الميتافيزيقية بين العلم والمجتمع، وفى العلاقة الفيزيائية بين العلم وما سمى فى الغرب باسم "القرون الوسطى". لكن أمر الجبر مختلف، إذ أنه يتصل بالمسلمات الإيديولوجية اتصالا محدداً ووسطياً، فى آن معاً. بالإمكان إذن أن يدرس مؤرخ العلوم، فى إطار الجبر، العلاقة بين العلم والمجتمع. لكن المؤرخ يتقيد من جهة أخرى بالمستوى نفسه لهذا العلم بسبب أنه قد صار علميًا. فتبدو أيدى الباحث مقيدة عند النظر فى مسألة تدخل عناصر اجتماعية فى تكوين العلم. من جهة أخرى، يؤكد رشدى راشد أن الباحث يكون حرا عند النظر فى تأثير المسلمات الاجتماعية في الحساب. أليس هذا واقعًا تاريخيًا؟ عند النظر فى الأعمال الجبرية لا يرى رشدى راشد علاقات اجتماعية ، بينما يرى هذه الصلات عند النظر فى الأعمال الحسابية التطبيقية؟ هناك أمر عميق فى الواقع التاريخي. هناك ثلاثة أنظمة من الحساب :

١- الحساب الهندي؛

٢-حساب اليد ؛

٣-الحساب الستيني.

من هنا نهض السؤال : لماذا جربوا فى وقت ما وحدة الحساب ؟ ماذا تعنى الوحدة؟ كيف إقامة الوحـدة ؟ ما المقدمات التى أدت إلى الوحدة؟

المسلمة التى أسست للإجابة عن مثل هذه الأسئلة هى مسلمة الفئة الاجتماعية الجديدة. فئة مـن الكتـاب ، بوصفها هيكلا اجتماعيا، تمثيلا لا حصرا، يسعى إلى توحيد نوع من الحساب، لأنه بحاجة إلى هذا النوع مـن التوحيد فى إجراء الحسابات . لقد تطور الحساب مع هذه الفئة الجديدة بخاصة، وبسبب هذا النوع من الحاجـة الاجتماعية التى يمكن إثباتها بواسطة كتب الحسابيين الذين عالجوا ذاك النوع من المسائل أمثـال أبـو الوفـا والكَرَجى والشهرزورى والسموأل وغيرهم من الرياضيين. ورأى رشدى راشد، إذن، أن المسلمة الاجتماعية قد حددت تطور الحساب بل مثل ذلك ضرورة تطور فى الجبر. لكن ما هو بصدد بحثه هـو الجبـر ولـيس الحساب. إن الفترة التى يبحث فيها على تطور الجبر، تقع داخل الجبر نفسه. ماذا حدث فى الفترة الواقعة بين الخوارزمى الذى عاش فى النصف الأول من القرن الثالث الهجرى وأبى كامل شجاع بن أسلم الذى عاش فى النصف الثانى من القرن الثالث الهجري؟

إن الاهتمام الغالب الذئ أولاه العرب للغة العربية اقترن، لدى رشدى راشد، بنوع معين مـن المـسلمات الأيديولوجية الدينية. فإن القضاة وعلماء الدين الفلاسفة والمصنفين ارتبطوا ببحث مسألة اللغة، البعض مـنهم كان وراء استكشاف عقلى لظواهر اللغة والبعض الآخر وراء حل القضية المعقدة : أزليـة أو خلـق الكـلام الإلهي، وآخرون أرادوا تقديم تصنيف منطقى لموادهم التجريبية من نبات ومواد دوائية وغيرها مـن المـواد التجريبية. فإن اهتمام اللغويين يرجع على الأرجح، حسب رشدى راشد، إلى مسلمة دينيـة صـارت مـسلمة علمانية فيما بعد ذلك التاريخ الدينى الأول.

فانتشار الإسلام، حسب رشدى راشد، وغياب مؤسسة تؤسس للتفسير المتوافق لنص القرآن وهو المـصدر الأول للتوحيد العَقَدى لشعوب ذات لغات وتقاليد مختلفة ، فرض هذه المهمة التى دفعت بها ضرورة مزدوجة: خلق سجل من الكلمات والدلالات وإعداد القواعد النحوية لنص القرآن بهدف تقديم المعنى الأصـلى للـوحى المنزل بلغة "الوثنيين". وإذا ما نَحيت هذه الدوافع جانبًا فإن العلمنة أسست للبحث فى نص القـرآن والـشعر الجاهلي. صحيح أن علماء النحو الذين أصبحوا معجميين لم يقصدوا بادئ الأمر بالمعجم ، سوى معجم خاص بمادة أو بإقليم ما ، يوضح كلمات قديمة أو مدلولات عريضة. لكن رشدى راشد، **فيما يدرس طبيعة العلاقـة** بين الجبر وعلم اللغة والتحليل التوافقى فى العلوم العربية، **لا يلغئ العامل الأيديولوجى النموذجى : العامـل** الديني.

٢-٢- طرق تنظيم تاريخ العلوم

مع أن "علم التاريخ" عند العرب يمثل جزءا من التطور الثقافى العام ، إلا أن تاريخ العلوم العربية لم ينشأ، فى الأصل، فى اللغة العربية. فعلى أدهم، تمثيلا لا حصرا، لا يذكر فى كتابه عن بعض مؤرخى الإسلام[٣٨] سوى الطبرى وابن عبد ربه والمسعودى وابن حيان الأندلسى ولا يذكر، مع أنه من أنصار الفكر العلمي، مؤرخا واحدا للعلوم أمثال البيهقي، القفطي، ابن أبى أصيبعة، ابن الفرضي، السلامي، وغيرهم من المؤرخين القدماء. فالكلام كله على التاريخ المحدث، الجغرافيا، التاريخ، المؤرخ الفنان، المؤرخ الأديب، المؤرخ السياسي.. من دون ذكر التاريخ العلمى العربي.

تشكل تاريخ العلوم كميدان أو حقل معرفى مستقل فى عصر التنوير الأوروبى الحديث، أى فى القرن الثامن عشر الذى اقترن بأسماء الكتاب والفلاسفة أمثال فولتير وديدرو وروسو ومونتسكيو.. الذين عاصروا مولد تصور التقدم والثورة البورجوازية. فقد توافرت شروط اجتماعية وسياسية وثقافية معينة لتوليد تصور التقدم، وتحمست بورجوازية عصر الأنوار للمستقبل ورأت مصلحتها فيه وعلقت آمالها عليه، فنزعت عن الماضى بهاءه ومجده وقضت على تلك الأسطورة التى تقول بماضى ذهبى عرفته الإنسانية. وكان ذلك يقتضى محاربة الأيديولوجية التقليدية التى استطاعت خلال قرون عديدة أن تدعو لتلك الأسطورة. فقد كان العقل التقليدى يرى أن تاريخ البشرية هو تاريخ تدهورها وأن تاريخ الفكر هو تاريخ أخطائه.

لكن قضى العلم الناشئ على وهم العصر الذهبى وحطم أبراج الماضى حين بينت الكشوف الجغرافية والفلكية سعة الأرض والسماء، وحين ارتمت البورجوازية الأوربية الناشئة نحو المستقبل وخرجت عن مواطنها لتكشف طرقا وأسواقا وعوالم جديدة، حين كشف المنهج القديم عن عجزه عن فتح كتاب العالم، وأظهرت العقلانية الجديدة تهافت العلم القديم، حين حلت حركة التجارة محل سكون الاقتصاد الزراعي. فمع حلول عصر الأنوار حاول مفكرو القرن الثامن عشر إدخال فكرتى الوحدة والاتصال فى التاريخ بوجه عام.

و المثير للبحث أن تاريخ العلوم قد نشأ فى ظل الارتباك بين الفكر والمسيحية. إن البشرية قد أحرزت، بعض التقدم فى مطلع الحضارة، ولكن التاريخ، فى التصور المسيحي، ليس سوى سلسلة مستمرة من الضلالات والأوهام. والمفارقة أن تشاؤم القرن السابع عشر قد مهد لولادة علم تاريخ العلوم. كان القرن السابع عشر يتبع فكرة عبث الحياة وأنه ما من شيء عقلانى فى العالم المعنوى وأن عالم الطبيعة يظل سرا لا يدرك كنهه. وبالإمكان أن نستنبط -لأن مقدمات فلسفته لا تؤدى إلى هذه النتيجة بالضرورة- من فلسفة رنيه ديكارت تصور علم يتقدم باستمرار.

أ- تاريخ العلوم الحديث

من هنا قام تاريخ العلوم الحديث على تجديدين علميين وتجديدين سياسيين. فقد قام العلم الأوروبى الحديث على التحولات التى طرأت على علم الفلك. فتحولات علم الفلك هى التى أسست لتحولات علم الطبيعة الحديث. لكن ليس هناك بين الفلك والطبيعة علاقة علة ومعلول. افترض الفلك الأوربى الحديث أنه من المشروع الكلام على واقعة عامة كواقعة سقوط الأجسام، تمثيلا لا حصرا. وكانت خلاصة المرحلة الأولى من التحليل الفيزيائى والفلك الحديثين استخلاص النتائج من التقارب بين تغيرات النسبة وتغيرات مسافات السرعة. وأسست آنيتها لحمل تغيرات مسافات السرعة على تغيرات النسبة. لم تعد نسبة الأجسام بل صارت نسبة معلولات الأجسام. ولم تعد هناك من حاجة إلى الإحالة إلى علة مطلقة لتعليل الحركة الطبيعية لسقوط الأجسام. وأما المرحلة الثانية فقد تأسست على فرضية أن الخلاء موضع فريائى دال مع اختفاء كل معلولات تحديد تأثير الوسط. غير أن العلاقة التى تحدد مسافات السرعة وافتراض الخلاء كانت لا تعنى شيئا فى الفلك اليونانى القديم الذى كان يرفض مبدئيا الخلاء والذى كان يفترض أن الأجسام ترجع إلى موضعها الطبيعى كما كان يفترض أن **الثقل والخفة مرتبطان ارتباطا طبيعيا. كان الفلك اليونانى** يحيل إلى نظام الكون كما كان يحيل إلى محمول الأجسام. **ومن دون الرفض السابق للفلك اليونانى القديم** لم يكن من الممكن أن يصوغ جاليليو نظريته الرياضية **فى الحركة.**

و يمثل مثال جاليليو **مثالا آخر دالا حيث أسس جاليليو لبناء مبدأ الحفظ** المكتسب. يقول المبدأ بأنه تحت شروط معينة تقدر **الحركة المكتسبة أن تحفظ نفسها إلى غير نهاية. وهذه هى** الحال الطبيعية للسكون. وهذا المبدأ مقرون بنشأة علم الفلك الحديث وصياغته لم تكن ممكنة من دون علم الفلك. كانت المشكلة هى الرد على الاعتراض القديم على الدوران الأرضي. فإذا كانت الأرض تدور حقا فإن بعضا من الظواهر لابد أن لا يظهر كما يبدو لنا عند المشاهدة كظاهرة السقوط الرأسى للأجسام (الانحراف)، قصف الشرق أو الغرب لا يمكن أن يصل إلى مسافات متساوية، القوة النابذة أو المركسة عند بطلميوس. قَرَن بطلميوس وكوبرنيكوس وكبلر بين الثقل والكتلة الأرضية بما فى ذلك حال الدوران الأرضي. وهو اقتران غير مرئى فى الوقت نفسه. بل هو جواب خيالى من دون أساس علمي.

ب- نظريات ديكارت

لم يقدر ديكارت أن يقطع تماما مع عصره بل احترم عاداته وتقاليده ومعتقداته، كما يروى فى الجزء الثالث من خطاب فى المنهج، حيث فرق بين الأخلاق والمعرفة، ووضع الأخلاق جانبا. لكن من دون رنيه

ديكارت بالذات ومن دون مبدأ تمزيق المعرفة السابقة *FAIRE TABLE RASE DE TOUT* الذى أسس لـه فى الجزء الأول من خطاب فى المنهج، ما كان لتاريخ العلوم أن يبدأ فى القرن الثامن عشر.

فى مقابل أرسطو وعلم العصور الوسطى، صار للكواكب تاريخ. وأصبح للكون تاريخ. أصبحت البقع الشمسية أيضا تاريخية. وانتهت فكرة أرسطو عن النجوم الخالدة وغير القابلة للفساد والسماوات الخالدة. وافترض ديكارت خلق الكون من الحركة وتركز المادة. واستعاد ديكارت فكرة جاليليو عن العالم الواحد، أى فكرة العالم المتغير من دون تقسيم العالم إلى عالم سفلى متغير وآخر علوى خالد. والقاعدة الثالثة من قواعد لهداية الروح عن العلاقات بين الحَدْس والاستنباط تحلل ما نقدر أن نستخلصه من القدماء. وقد اكتشف ديكارت أن قراءة القدماء لا تنفع من دون منهج كما اكتشف أن علماء الرياضيات القدماء كانوا لا يمتلكون منهجا بمعنى أنهم كانوا يكتشفون خواص الدوائر، تمثيلا لا حصرا، الواحدة تلو الأخرى، من طريق حيل بعينها. لذلك كان هدفه فى الجزء الثانى من خطاب فى المنهج، صياغة المبادئ الجديدة، أى المنهج.

كان يسود القرن السابع عشر نوع من الشك الذى مارسه مونتانى *MONTAIGNE* كما ساد ذلك القرن التناحر بين العقل والاعتقاد حيث كان الاعتقاد غير عقلى بطبعه. فى ضوء ذلك، كان طموح ديكارت الصريح هو أن يعيد بناء الفلسفة. فى كتاب الأولمبيكا روى الكوابيس التى كانت تطارده والأشباح التى كانت تطارده فى الكنيسة. وكانت هذه الأشباح تشير إلى الخطأ الذى كان يضايقه. من هنا استخلص ديكارت قواعد المنهج لهداية الروح العلمى وصاغ مقاييس الصواب والخطأ، ومقياس استخراج الصواب من الخطأ. وقد قصد بذلك أن يضيف نظاما جديدا للتحولات التى طرأت منذ ثلاثة أجيال. كيف بالإمكان أن نفهم الظواهر الطبيعية؟ كيف أسهمت الفلسفة فى تشكيل علم الطبيعة الجديد؟ هل لعبت إجراءات ومبادئ الفلسفة الديكارتية دورا فى نمو علم الطبيعة وامتداده؟ هل كان بالإمكان أن تلعب هذا الدور؟ إذا كان الجواب بالإيجاب فبأى معنى تم ذلك ولأية أسباب؟

هذه الأسئلة ليست أسئلة ثانوية كما أنها ليست أسئلة مفتعلة. إنها أسئلة طرحها ديكارت على نفسه. وقد ادّعى أنه يريد التأسيس لنظام المعرفة وتحديد وحدتها. فقد حدد مبادئ فلسفة المعرفة ونظرية العلم التى صاحبتها، أى فى نظرية أساس العلم. فى ما يروى فى الأولمبيكا حَدَس ديكارت إعادة تأسيس العلم كله بدل التحليل من دون منهج. وحلم "بالعلم المبهر". ولم تقتصر الفلسفة الديكارتية على التأسيس للعلوم. لكن الفلك لعب دورا قائدا فى تنفيذ خطته الفكرية والعلمية والفلسفية حيث اكتشف عام ١٦٢٠ نظرية المناظر. وتندرج مساهمته فى الهندسة الجبرية ضمن ذلك المشروع. بعد عودته من رحلته فى ألمانيا أخذ ديكارت يحسن من منهجه الهندسى وحاول تحويل المعادلات إلى دوائر كما درس الدوائر الخيالية التى لا تقبل البناء بالبركار،

أى أنه فى ذلك الوقت قد اكتشف ضرورة المعادلة فى الهندسة وضرورة إعادة ترتيب [illegible] لدرجة المعادلات.كذلك بحث فى مجال البصريات واكتشف قانون انكسار الضوء $[illegible] / \sin b = C$ [illegible] يفكر ديكارت بطريقة تجريبية، على خلاف ما يعلنه عن ضرورة البرهان بطريق رياضية. [illegible] العلم لا بد من معرفة ماهية العلم، أى معرفة علم العلم. ومن منطلق قومى فرنسى خالص، قال الفيلسوف الفرنسى الوضعى المعاصر أوجست كونت *AUGUSTE COMTE* فى القرن التاسع عشر، بأن ديكارت "اخترع" الهندسة التحليلية والرياضيات الحديثة.

أما ليبنيتز، معاصر ديكارت، فقد قال -و هو يكاد أن يكون قول رشدى راشد وجيله من الباحثين المعاصرين فى تاريخ العوم العربية- بأن ديكارت لم يتجاوز حدود التأليف بين الرياضيات القائمة. وكتاب ديكارت عن الهندسة الذى سنتناوله بالتفصيل فيما بعد - فى الباب الثانى من هذا الكتاب- هل يحتوى على ما سمى باسم "الرياضيات الحديثة" أو "الهندسة التحليلية" أم أن ذلك الأمر عائد إلى رأى أوجست كونت ؟

ليس من الأكيد أن ديكارت يشير إلى الهندسة التحليلية بالاسم نفسه فى متن كتاب الهندسة. وأما اكتشاف تصور الإحداثيات فيعود، تاريخيا، إلى فرما، لا إلى رنيه ديكارت. إلا أن ديكارت قد أعلن عن ميلاد الرياضيات الحديثة التى تفوق الرياضيات القديمة. وفى ضوء هذا المعنى، رأى فيلسوف العلوم الفرنسى المعاصر ليون برانشفيج *L.BRUNSCHVIG (1869-1944)* أن ديكارت نظم ما كان مشتتا عند بيار دو فرما. ورأى أن الإصلاح الديكارتى لم يكن ظاهريا إنما طال فلسفة الرياضيات كلها. قبل ديكارت، كانت الرياضيات قياسية كما عند بليز بسكال حيث : العدد = المكان. مع ذلك هناك فرق. هناك تشابه واختلاف. وهو الأمر المختلف عن الفكر الأرسطي. عند ديكارت صارت هناك حقيقة واحدة -موضوع رياضى واحد- تعادل بين المعادلة الجبرية والدائرة. تم التوحيد بين مجالات المعادلات والتوحيد كذلك للدوائر على أساس من المعادلات. ثانيا، رفض الدوائر والمعادلات الخيالية. ثالثا، رفض ديكارت معادلات النهايات الموجبة والسالبة. طرح ديكارت مشكلة النهاية لكنه لم يحلها وأسس لحساب التفاضل. حدد ديكارت من خلال مشروعه فى الفلسفة الطبيعية معنى التعليل الفيزيائي. وحل المشكلات التى تتعلق بالتعليل الفيزيائي. وانتقل من فكرة المادة إلى الآلية ثم المبادئ أو القوانين الأساسية لعلم الطبيعة. ماذا كان مشروع [illegible]؟

كان مشروع ديكارت فى "الخطاب فى المنهج"، تمثيلا لا حصرا، هو دراسة إمكانات المعرفة الإنسانية، ترتيب المعرفة الإنسانية وتنظيمها، كما يروى فى الأجزاء الثلاثة ٧ و٥ و٦ من "الخطاب فى المنهج". كان "الخطاب فى المنهج" لديكارت تمهيدا لمؤلفات علمية عن نظام العالم من جهة الرياضيات، البصريات، الفلك. وتقويم رياضيات ديكارت أو إعادة تقويمها هو أحد موضوعات الباب الثانى من كتابنا هذا. وفى القاعدة

الثامنة من القواعد لهداية الروح أقر أن المعرفة تتبع الذهن وأنها محدودة بالتالي للأسباب نفسها. في ضوء هذا المعنى أسس للمنهج النقدي بتحديد مجال المعرفة وتحديد قدرات الذهن وتحديد قدرات الذات العارفة. في المقابل كان أرسطو يقول بوضع الموضوع أولا ثم نسأل أنفسنا بعد ذلك : كيف نعرفه؟

فى الرياضيات التحليلية، المكان غير محدد وغير محدود. واللامتناهى الحقيقى لا يملكه إلا الله. يفوق أى قياس ولا يقبل التحديد. فالذهن أضعف من أن يحدده. ولا يرى بعضهم هنا سوى حيلة سياسية في سياق محاكمة جاليليو وفى سياق تقرير الكنيسة أن المكان محدود. قد يرجع ذلك إذن إلى الحذر السياسى الطبيعى أو إلى لاتناهى الله الحقيقى وقد تم البرهان على سلامته وصحته.من جهة أخرى. فى علم ديكارت، إذن، يلتقي الاستنباط القبلي، النظري، غير القابل للتجريب والواقع الملموس : فيزياء ديكارت قبلية. وتطور المشروع الديكارتى على مستوى الفلك (ك١) من دراسة الموضوعات : المسارات غير الدائرية للكواكب ودورانها حول الشمس؛ الشمس، الأرض، القمر، والكواكب الأخر، النجوم الثابتة، المشترى وزُحل؛ آثار الضوء، الأرض شبيهة بالكواكب، الضوء الرمادى للقمر، الامتداد الدقيق للكواكب والبقع الشمسية، إلى وضع المسلمات التى قد تكون خاطئة، مما يتفق مع الآلية، ووظيفة المسلمات هو تفسير الظواهر وتنفيذ الطابع الإجرائى المبادئ. أما على مستوى الفيزياء الأرضية (ك٤) فقد قارب المسلمات؛ والذرات؛ وعمل الذرات؛ وموضوعات البحث : الهواء، الماء، المعادن، الزلازل، النار، المغناطيس والنتائج : التمهيد للمجال المغناطيسي. والتصور الذى سيتم البرهان عليه فى الباب التالى هو تعديل إضافة رئيه ديكارت فى الهندسة التحليلية، من بعد كشف رشدى راشد عن الخيام وشرف الدين الطوسي.

ج- تطورات القرن السابع عشر الميلادي

بدءا من النصف الثانى من القرن السابع عشر دخلت ميادين جديدة إلى حقل العلم : الميكانيكا، حساب التفاضل... وتأسست مراكز الأبحاث فى لندن وباريس. وكان ضمن المؤسسين الفكريين لتيار تاريخ العلوم بليز بسكال *B.PASCAL(1623-1662)* فى تجارب جديدة عن الخلاء (١٦٤٧) ونقولا مالبرانش فى كتابه البحث عن الحقيقة. الفرضية : "الخطأ هو علة بؤس البشر". "إنه الخطيئة بامتياز، المبدأ الفاسد." ولا بد من التحرر منه. أما الحقيقة فتكمن فى القلب. تتبع العلاقة بين الخطأ والحقيقة الإرادة والحرية. ليس بإمكان الحقيقة أن تقودنا إلى خير معين إلا تبعا لملكة الفهم. إذن الفهم يضيء الإرادة التى هى عمياء ولا تعرف شيئا بل هى لا تعرف أنها تتجه باتجاه الخير أصلا بتوجيه من الله. غير أن بإمكان الإرادة أن تقود الفهم نحو تحديدها، أى نحو منحها غاية أو نحو عرضها لموضوع خاص. تؤسس إذن الإرادة للتحديد. هى تحدد نفسها وتتمكن الإرادة من نفسها بوضعها نفسها تحت خدمة نفسها. الروح وحده هو الحر. والحرية تقوم على التحكم

فى الفهم والإرادة. إلا أن الإرادة ليس بإمكانها أن لا تريد الخير. وأما الخطأ فهو الاستعمال غير المستقيم لحريتى الشخصية. وفى كتابه تمهيد للوحة تقدم الروح الإنساني، يتكلم كوندورسيه عن العلم العربى بوصفه إحدى فترات تاريخ العلم وبوصفه إحدى حلقات تقدم الأنوار فى فترة هيمنت فيها "الخرافات والظلمات".

رأى مونتوكلا *MONTUCLA* فى دراسته للعلم العربى ضرورة لرسم معالم الصورة التاريخية الإجمالية لتطور العلوم، بل لتثبيت وقائع تاريخ الفروع العلمية، ومجرى التطور التاريخى للإنتاج العلمي، والخطوط الأساسية لتاريخ التراكم العلمي، وعرض للاتجاهات التاريخية. ويقوم تصور تاريخ تقدم الإنسانية على القول بالتقدم المتصل للحقائق أو التراكم المتصل لها والاستبعاد المتصل للأخطاء المكتسبة. يسير الجنس البشري، تبعا لفكرة التقدم، إلى الأمام على الدوام. ويوسع هنا رشدى راشد تصور الثورة العلمية الحديثة من جهة، وفكرة التنوير وتقدم العقل البشرى من جهة أخرى. ذلك أن الثورة العلمية تقوم على قطع خط سير العلم الإنسانى المتصل. وأسطورة الثورة العلمية هذه، شأنها شأن الأساطير الأخرى التى سنتناولها فى هذا الفصل، أى أسطورة القرن السابع عشر الأوروبى وغيرها من الأساطير، تنبع من نظر معين إلى السلف الصالح. هذا بينما الواقع أن أولئك العلماء العرب الذين مهدوا لقيام الثورة العلمية الحديثة كانوا لا يبتغون إزالة عالم ما قبل الثورة العلمية الحديثة. لقد كانوا أكثر حكمة من ذلك مع جرأتهم العظيمة فى نظرياتهم التى كانت تراجع النظام العلمى اليونانى القديم. لكن مجد الواقعة وجلاله أعمى المؤرّخين والعلماء. وانقسموا إلى فئتين، الأَوّلى ترى أن حوادث خلخلة النظام اليونانى القديم التى أحرزتها الثورة العلمية الحديثة والإخفاقات التى منيت بها، ترى هذا كله مجرد أحداث عابرة ترافق طبيعة الثورة بينما يظل الهدف الأول من تلك الثورة هو الهدف الصامد.

د- أسطورة الثورة العلمية

إن كلمة الثورة العلمية الحديثة تعنى إزالة نظام علمى من طريق العقل وإحلال نظام علمى آخر محله. والظاهرة الطبيعية للثورة العلمية هى أن تحاول أقلية الاستيلاء على الحكم العلمى لتخضع لإرادتها أكثرية كبيرة، وتخلق نظاما علميا جديدا، ويحاول ذلك العمل تغيير بناء العلم. من هنا لم يعمد مؤرخو العلوم إلى استحضار السوابق التاريخية وتفسير الواقع حينئذ على ضوئها، فلم يعودوا إلى العلوم العربية والهلينستية والسريانية والسنسكريتية والفارسية والبابلية السابقة، وإنما أرادوا الوصول إلى تحديد مقبول للثورة العلمية الحديثة وحركتها : تغير صورة العلم، تغير فئة العلماء، تغير هيئة العلم القديم. إنها تهدف إلى العقلانية كما أن التنوير الذى أنشأ تاريخ العلوم العربية يهدف إلى العقلانية. هناك فكرة رئيسية هى أن العالم يسير فى طريق التقدم، أى أن الفترات التاريخية المتلاحقة كانت التالية منها أحسن من سابقتها. غير أن الثورة العلمية

الحديثة تقوم أيضا على القول بأن هناك مجموعة من المتناقضات لا بد من التخلص منها عبر الثورة. والثورة انفجار لحالة الاستقرار التى تسبقها، ومعنى هذا أن الذى يعتمد التقدم المحتوم ، كما يرى عصر التنوير، يريد من خلال الثورة الإسراع من إقامة الوضع الجديد. بعبارة أخرى، الثورة نتيجة من نتائج تقدم العلم.

لكن قبل عمل رشدى راشد الحديث، لم ينظر الدارسون، ضمن منظور فلسفة الرياضيات (الباب الثالث من هذا الكتاب)، إلى الجدلية العميقة بين الحقيقة وتاريخ الرياضيات العربية الكلاسيكية. إن المهمة تبدو شاقة لأسباب معروفة. مع ذلك هى شيء لا بد منه، إذا ما أردنا أن نقارب بشكل دقيق الموضع الذى أتيح للتاريخية أن تحتله فى الإسلام. فالإسلام، من جهة تعريفه، متعالٍ وفوق تاريخي. هكذا تخمن كل الصعوبات التى سوف تنجم عن إسلام كهذا من جهة والتاريخية من جهة أخرى. إن إدخال البعد التاريخى فى التحليل يضطرنا إلى التفريق بين الإسلام المثالى وبين الإسلام التاريخي. المسألة المبدئية عندئذ هى : كيف انقطع الإسلام التاريخى عن الإسلام المثالي؟ أين اتصل الإسلام المثالى والإسلام التاريخي؟

إن المدرسة الألمانية، فى العصر الحديث، هى التى دفعت قدما البحوث حول تاريخ النص القرآنى منذ مطلع القرن العشرين. وقد استخدم ر. بلاشير وجاك بيرك النتائج التى توصلت إليها المدرسة الألمانية، فى فقه اللغة، فى ترجمتهما للقرآن وكتابهما عن القرآن بوجه عام. ولم يكن كتاب تاريخ القرآن لنولدكه أصلاً لرسالته التى نال بها درجة الدكتوراه تحت عنوان أصل القرآن وتركيب سوره ، إنما كان ذلك العنوان الشارح وغير الدقيق هو الترجمة غير الدقيقة لعنوان الجزء الأول عن "أصل القرآن"، ألمانيا، ليبزيج، ١٩١٩، من كتاب نولدكه عن "تاريخ القرآن".

قام نولدكه، مسلحًا بنزعته العلموية *SCIENTISME* -كلمة منحوتة وتستعمل أولا للإشارة إلى منح الأولية للعلم على أى معرفة أخري- التى كانت سائدة فى عصره ، بتحليل الأسلوب والنحو والمفردات فى القرآن مبينا التكرار والاختصار والحذف بل والخطأ فى موضع آخر . عزى نولدكه ذلك فى الواقع إلى عيب بلاغي. بعبارة أخرى، ما يسميه نولدكه خطأ يسميه بيرك شذوذا. بعد القرن التاسع عشر الميلادي، الذى رفع فيه الدارسون من أصحاب وجهة النظر الوضعية المنهج التاريخى شعارا رئيسا لمنطلقهم النظري، بدأ نوع من ردود الأفعال تظهر فى القرن العشرين. وجاءت، بعد الحقبة التى أمضاها العلماء فى تجميع الوقائع، حقبة أخرى من التفكير فى المعارف المكتسبة. وحينئذ نشأت اتجاهات جديدة تضع فى حسابها الطبيعة المعقدة للظواهر التى صارت موضوعا للبحث العلمي. وبفضل هذه المنطلقات الجديدة دخلت الإنسانية طورا جديدا من أطوار العلم. لكن لم يشق كتاب تاريخ القرآن لنولدكه إلى الآن طريقه إلى اللغة العربية. فى ضوء هذه المسألة المبدئية، نصوغ المسألة الأساسية التى تواجهنا فى هذا البحث حول تاريخ العلوم العربية والتى

تتلخص فى الإجابة على السؤال التالى : ألا يتناقض قول عصر التنوير الأوربى الحديث بتقدم الذهن البشرى والقول بتحطم هذا التقدم فى ما سمى باسم "الثورة العلمية الحديثة"؟ هل هناك من تناقض بين التنوير العقلانى الذى يقول بالاتصال والثورة العلمية الحديثة التى قالت بالقطيعة؟

هـ- تاريخ العلوم العربية ضمن تاريخ العلوم

مؤرخو التاريخ يضعون نصب أعينهم لحظة واحدة يحددون صفاتها العامة ويقولون إنها اللحظة الحاسمة. ولكن المؤرخين، بعد أن يفرضوا تلك اللحظة، يرجعون إلى واقع العلم الراهن فيقيسونه بمقياس اقترابه أو ابتعاده عن تلك اللحظة الذهبية. وحين يصدمهم الواقع يقعون فى الفوضى، فيتطلعون إلى هذا الواقع بعين القاضى المنصف الذى لا تأخذه المحاباة. إن تاريخ العلم، كما مارسه المؤرخون، يخلق تناحرا بين الدارسين والباحثين، بل والأمم بكاملها، حول فكرة ما. فهذه الأمة مع تلك الفكرة وتلك الأمة ضدها. ومادامت حركة التاريخ متصلة لا تنقطع حسب فلسفة التنوير، فكيف يحكم المؤرخ على هذه الفكرة أو تلك؟ هل يحدد تاريخ العلوم العربية معنى محددا لتاريخ العلوم بعامة؟ هل العلوم العربية هى الغاية المعينة التى لا بد لتاريخ العلوم أن يبلغها؟ هل هناك حتمية عربية تحكم تاريخ العلوم بعامة؟ نجيب على هذه الأسئلة فيما يلى من كلام.

و- دور الحركة الرومانسية

ليس بالإمكان أن ننكر الدور الذى لعبته الحركة الأدبية الرومانسية الأوربية الحديثة فى بواكير القرن التاسع عشر فى تشكيل الوعى القومى بالتاريخ بوصفه علما مميزا ومكونا للشعور الوطنى لشعب ما من جهة النور الذى يضيئه على الجذور وعلى موقع الوطن فى تاريخ العالم. ويعتبر ما تحقق فى هذا الشأن من أهم النتائج الفكرية التى حققتها الرومانسية الألمانية فى القرن التاسع عشر: أ.ف. اشليجل (تاريخ عالم الأدب)، ج.ف.ف. هيجل، والمدرسة اللغوية الألمانية التى صاغها ياكوب وفيلهلم جريم ، ماكس موللر، فرانس بوب، سافينى فى تاريخ القانون... والمفارقة هى اقتران هذه النزعة بالتمييز العنصرى بين اللغة الآرية وبين اللغة السامية، بين اللغة العلمية وبين اللغة الدينية الشعرية، والنظر إلى اللغة العربية بوصفها حاملة للعلم اليونانى وحسب. بعبارة أخرى أسهم القرن التاسع عشر الأوربى فى ترسيخ تاريخ العلوم وفى التعصب فى آن واحد : الانفتاح والتحيز، التسامح والتصور السابق، الحوار والروح القومية، الجدل والتطور العضوي...

مع ذلك أسهمت الحركة الرومانسية الأوربية الحديثة فى ترسيخ أدوات النقد التاريخى الحديث. ومن هنا فقد استحضرت الرومانسية عصر التنوير. ومن هنا أيضا اتصل مفكرو القرن التاسع عشر الميلادى أمثال نيبور ورانكه وأسلافهم من القرن الثامن عشر الميلادى أمثال بيار بايل *Pierre Bayle* وفولتير. كان بيار

بايل ينحدر من مقاطعة فوا، فكان جنوبيا فر إلى الشمال، مثله فى ذلك مثل الكثيرين، الذين أتوا إلـــى هنـــاك بنشاطهم الذهني، وميلهم للأفكار، ومتانة خلقهم، وحيويتهم اللافتة. وكان بروتستانتيا، أبو من قـــساوسة هـــذا المذهب، درس اللاتينية واليونانية فى مدرسته، ثم أكمل دراسته فى مجمع بيلورانس. وبدأ بالدين وانتهى إلـــى الشك. وظلت آثار الحركة الرومانسية يانعة فى علم الحضارة الذى فرق بين العلم والأسطورة، بين المـــصادر التاريخية والمصادر الخرافية : "فلن يتحقق أى تقدم إلا إذا تحررت قوى جديدة للعقل، وأفسح الولع بالماضي، والاستغراق الحدْسى فيه الطريق أمام نقد تاريخى واع يوثق به." [٣٩] . فالشيء الوحيد الذى أصبح يعترف به هو سيطرة الموضوعية الصارمة (...) ينبغى على المؤرخ ألا يضيف لمادته شـــيئا بقـــصد زيـــادة ســـحرها الجمالي، أو سعيا وراء إحداث تأثير بلاغى براق (...) وبهذه الوسيلة وحدها تسنى له الخلاص من الاستاتيقا الرومانسية والميتافيزيقا وأمكنه كتابة تاريخ يعتمد على أساس منهجى جديد. وبدت الآن مسألة إمكان المعرفة التاريخية وأحوالها فى ضوء جديد. فلأول مرة أمكن تقديمها بوضوح تام ودقة."[٤٠].

ومن جهة أخرى، كانت العقبة الابستمولوجية هى الترجمة اللاتينيـــة للمخطوطـــات العربيـــة.لـــم يطّلـــع المؤرخون والفلاسفة الغربيون على العلم العربى إلا من خلال الترجمات اللاتينية القديمة.

ظل التشويه منذ القرن التاسع عشر إلى العقد الخامس من القرن العشرين حين ألقى فريـــق مـــن العلمـــاء الغربيين والعرب الضوء على ما يحمله العلم العربى من سمات متفردة : رشدى راشد، مصطفى نظيف، على مصطفى مشرفة، أ. ف. هومبولت ، ب. لاكى (بحثه فى ثابت ابن قرة فى اللغة الألمانية، تمثيلا لا حـــصرا)، هاينريش سوتر (علماء الرياضيات وعلماء الفلك عند العرب وأعمالهم، تمثـــيلا لا حـــصرا)، هيرشـــبرج، أ. فيدمان، ج.ل.سيديو، فرانس وبكيه (بحثه فى الهندسة العربية فى اللغة الفرنسية)، نالينو، روسكا، كاربنسكى ؛ م. كراوسه وهو غير بول كراوس (الدوائر عند مينيلاوس الاسكندرانى فى صحيح أبى نصر منـــصور بـــن على بن العراق. محاولات فى تاريخ النص عند علماء الرياضيات. وهو تحقيق للنص مـــع ترجمـــة ألمانيـــة للنص العربى المنقول عن الأصل اليونانى المفقود حول دوائر مينيلاوس، تمثيلا لا حـــصرا) وغيـــرهم مـــن العلماء والمؤرخين المعاصرين الذين فتحوا أفقا مميزا فى تاريخ التأريخ للعلوم العربية.

فللمرة الأوْلى يظهر تاريخ العلوم العربية للدلالة على مادة معرفية متميـــزة تمتلـــك تعابيرهـــا الخاصـــة وحدودها المتفردة. كيف تفوق هذا الجيل على الأجيال السابقة؟ بأى معنى نقدر أن نقول إن نظـــريتهم التـــى حلت محل نظرية غيرهم أفضل من النظريات السابقة عليها؟ ما الجدة فى التصورات التى أتى بها هذا الجيـــل من الباحثين؟ ما الجدة فى تعبيراتهم؟ ما الجدة فى تنظيم تاريخ العلوم مـــن جديـــد؟ مـــا التقنيـــات المعرفيـــة المستخدمة؟ ما عناصر تاريخ العلوم العربية الجديدة؟ ما هذا التنظيم؟ ما الشروط الأساسية التى جعلـــت هـــذا الاكتشاف الحديث نفسه ممكنا؟ لماذا كان هذا الاكتشاف؟ لماذا تم فى هذا الوقت من دون ذاك؟

تدفعنا هذه الأسئلة وتلك إلى نسبنة الوفاق المشهور بين العلماء كما يدفعنا إلى ذلك تاريخ العلم نفسه. ما طبيعة الضوء؟ كان ذلك هو السؤال الذى تصارع حوله أصحاب التفسير الجسيمى من جهة وأصحاب التفسير التموجى من جهة أخرى. وهما التفسيران اللذان تصارعا على مدار القرن التاسع عشر. كذلك كانت هناك أسئلة أخرى : ما طبيعة الحرارة؟ كيف بالإمكان تفسير الظواهر الحرارية؟ هل لابد من افتراض أن الحرارة تعود إلى وجود سائل حرارى أو سوائل أخرى. إما أنه شيء يتحرك فى الأجسام، إما أنه حركة الأجزاء الصغرى من الأجسام. أما أبرز ممثل للمنهج الذى يرفض الصراعات فى العلم فقد كان أ. كومنت. فإذا كان المنهج العلمى لا يقدم يقينيات، هل يقدر، مع ذلك، وفى ظل شروط معينة، أن يقيم وفاقا محددا؟ إذا كان العلم ليس يقينيا، فهل من المعقول أن نعتقد فيه؟ لم يكن هدفهم فى تصور من سبقوهم على وجه الإطلاق. ويتلخص هذا الهدف بإنشاء نظرية حول تاريخ العلوم من خلال البحث فى تشكيل النظريات العلمية والبحث فى تشكيل المخترعات العلمية. والمستويات المتعددة لتاريخ العلوم التى يتناولها مؤرخ العلوم بوجه عام هى : المستوى التصنيفى للمصادر، مخطوطة كانت أو مطبوعة؛ المستوى الوصفي/الظاهراتى لما تتضمنه المصادر من وسائل وأدوات؛ المستوى التفسيرى لما تحتوى عليه المصادر من مشكلات ومناهج؛ المستوى التحليلى لما تستعمله المصادر من تصورات ونظريات. وأهم ما فى هذه المستويات جميعا هو مستوى التعليل أو التفسير. وهو مدار أساسى فى كتابة تاريخ الرياضيات. فالعلامة المصورة *Representamen* هى أولاً، المفسرة، وهى شئ ما ينوب لشخص ما عن شئ ما ، من وجهة ما وبصفة ما. فهى توجه لشخص ما، بمعنى أنها تخلق فى عقل ذلك الشخص علامة معادلة، أو ربما، علامة أكثر تطورًا، وهذه العلامة التى تخلقها يسميها بيرس باسم المفسرة *Interpretant* للعلامة الأولى. كانت شروح العلماء العرب لكتب الإسكندرانيين، تمثيلا لا حصراً، شرط معرفة المفسرة *interpretant* التى نقل معها التراث اليونانى وفيه. فالمفسرة *interpretant*، غير محايدة. بالإمكان تفسير المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لأقليدس، تمثيلا لا حصرا، بشكل هندسى أو بطريقة جبرية. فابن الهيثم، تمثيلا لا حصرا، فسر المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لأقليدس تفسيرا هندسيا فى حين قدم الكرجى ومن بعده السموأل المغربى، التفسير الجبرى للمقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لأقليدس. وهذا هو الاختلاف فى تفسير تاريخ الرياضيات. وهو الاختلاف فى الجواب على السؤال : ما الهدف من الرياضيات؟ هناك جوابان ممكنان على هذا السؤال : إما الجواب بالتفسير، أى بالقول بأن الهدف من الرياضيات هو تفسير مجموع القوانين القائمة، إما الجواب بامتناع التفسير، أى بالقول بأن الهدف من الرياضيات هو تلخيص والتصنيف المنطقى لمجموع القوانين من دون تفسيرها. بعبارة أخرى، هل اقتصر ابن الهيثم، والكرجي، والسموأل، وغيرهم من الرياضيين فى اللغة العربية، على تلخيص كتاب "الأصول" لأقليدس، أم فسروه، أى أضافوا إليه الجديد؟

ز- عودة إلى النظريات العلمية عند رشدى راشد

إن النظريات العلمية، عند رشدى راشد، عبارة عن "بنيات"، إذ يعيد رشدى راشد كتابة تاريخ العلوم العربية بمعنى أنه يعيد تركيب بناها النظرية[٤١]. ولا بد لنا أن نعرف معنى "بنية العلم". لقد مضت مائة وخمسة وعشرون سنة والمناقشات تدور حول كلمة بنية. هناك بنيويات عدة : بنيوية تكوينية، بنيوية ظاهرية... وهناك، كذلك، بنيوية مدرسية تتلخص فى عرض خطة الأثر العلمى المعين. فبأى بنيوية يتعلق الأمر؟ كيف بالإمكان بلوغ البنية من دون الاستعانة بالنموذج المنهجي؟ ماذا تكون، إذن بنية العلم؟ للبنيوية بُعد إطلاقى يتعالى على الذات. لكن رشدى راشد يكتب سير العلماء. فقد كتب سيرة "الفارسي"، تمثيلا لا حصراً، فى "قاموس السير العلمية"، المجلد السابع، نيويورك : سكربنر ، ص٢١٢-٢١٩، فى اللغة الفرنسية، وسيرة "الكَرَجي"، فى "قاموس السير العلمية"، الجزء السابع، نيويورك : سكربنر، ١٩٧٣، ص ٢٤٠-٢٤٦ (فى اللغة الفرنسية)، وسيرة "إبراهيم ابن سنان"، قاموس السير العلمية، المجلد السابع، نيويورك : سكربنر، ١٩٧٣، ص ٢-٣ (فى اللغة الفرنسية)، وسيرة "الكندي"، تأليف مشترك، قاموس السير العلمية، المجلد الخامس عشر، نيويورك، سكربنر، ١٩٨٠، ص ٢٦٠-٢٦٧، فى اللغة الفرنسية، وغيرها من السير العلمية فى القواميس والموسوعات العالمية. على أن رشدى راشد يعتمد المسلمات البنيوية الأساسية، ومن بينها مسلمة أولية التزامن البنيوى على التعاقب التاريخي. لأن الأنظمة أكثر معقولية من التغيرات التى تصيبها. وبالتالى فإن دراسة تاريخ العلوم لا بد أن ينهض فى أفق النظرية التى تتولى وصف الحالات التزامنية للنظام. فإن هذه المسلمة هى الأساس الذى استندت إليه النزعة التاريخية فى القرن التاسع عشر الميلادى فى الغرب. المسلمة الثانية التى تبين من تاريخ رشدى راشد البنيوى للعلوم العربية هى أن هناك شبكة محدودة ونهائية لوحدات منفصلة. وقد قرن رشدى راشد بين البحث اللغوى العربى الكلاسيكى فى الأنظمة الصوتية وتحولات الجبر والتحليل التوافقي. طبق العلماء التحليل التوافقى فى ميدان الجبر والدراسات اللغوية والفلسفية. ومنذ بداية القرن الثامن عشر الميلادي، شرع جاك برنوللى ومونمور فى صياغة التحليل التوافقى فى أفق العلم الجديد ومسائل التجزئة لمجموعة وقائع من دون مجموعة الأعداد. وسبق للجبريين واللغويين أن أنتجوا بعض طرائق هذا التحليل واستخدموها. هكذا اكتشف الرياضيون واللغويون العرب التحليل التوافيقى. وكان العلماء العرب يفككون عناصر تصور التحليل التوافيقى. وفى حين أن الجبرى كان لا يرى فى وسيلة عالم اللغة وسيلته الخاصة ، فإن عالم اللغة كان يجهد من جهته فى ابتكار ما سبق للجبرى أن امتلك عناصره. فإن هذا الوعى النظرى المجزأ كان منفصلاً فى العلوم العربية. ولم يدل دلالة خاصة على التحليل التوافيقى. فبدا عالم اللغة وكأنه يكتشف طرقًا توافيقية اكتشافاً تلقائياً. فاعتماد علم الصوت على وحدات تمييزية صغرى هى ما يسميه علماء الصوت بالفونيمات، ووضع هذه الفونيمات فى جداول اختبار تبادلى للتمييز بين الوحدات

الصوتية، صوتيا ودلالياً، هو الذى جعل علم الصوت **يتصدر البحث اللغوى فى الدراسات البنيوية. والمسلمة** البنيوية الثالثة هى أنه ليس لأية مبرهنة فى نظام **معين معنى مستقل بذاته، بل هى تستمد معناها من النظام** ككل. المبرهنة المفردة ليس لها معنى فى ذاتها، بل تستمد معناها **من المبرهنات والبراهين والنظريات** والقوانين الأخرى المجاورة لها فى السياق الذى ترد فيه. والمسلمة البنيوية الرابعة هى اكتفاء العلم بذاته، وافتراض رشدى راشد انفصام العلاقة بين العلم والواقع الخارجي، وهذا الانفصام يجعل الأنظمة العلمية أنظمة مغلقة، وهو ما يسميه باسم "الانغلاق المعرفي". وبالتالى فلا علاقة مباشرة للعلم بالخارج. وهذه المسلمة تكفى لوسم التاريخ البنيوى للعلوم بأنه نمط كلى من التفكير، يتخطى الشروط المنهجية كلها، إذ لم يعد العلم يظهر بصفته يتوسط بين النظريات والأشياء، بل تشكل العلوم عالمها الخاص بها، الذى تشير فيها كل وحدة منه إلى وحدة أخرى من داخل هذا العالم نفسه فى ضوء الفروق والمتشابهات فى النظام العلمى نفسه. وبعبارة وجيزة، لم يعد العلم يعامل بصفته "صورة اجتماعية"، بل صار نظاما مكتفياً بذاته ذا علاقات داخلية وحسب. لقد أصبح العلم، فى هذه البنيوية المغلقة، وساطة بين علامات وعلامات، ولم يعد وساطة بين العلم والعالم الخارجي. وعند هذه النقطة بالضبط تختفى وظيفة العلم بصفته خطاباً.

يعيد رشدى راشد صياغة بنية الممارسة العلمية، نظراً وتطبيقا. ويكشف عن بنية الممارسة العلمية فى العلوم العربية، فى لحظة معينة، ثم يتتبعها. فالقصد من التاريخ البنيوى للعلوم إنما هو تتبع هذا العلم أو ذاك فى ذاته لبيان كيف أصبح على ما هو عليه فى عصر من العصور وما اعترضه من عقبات تغلب على بعضها أو كان لها الأثر البالغ فى تغيير مجراه وابتكار بنى نظرية جديدة. فعلى المؤرخ تتبع وصف البنى النظرية وظروف تكونها وأسسها. ويستقرئ المؤرخ ما طرأ على هذه البنية أو تلك من تحولات أدت إلى تعديلها أو الثورة عليها **وإبدالها، كما** يسعى إلى معرفة بنية تصور وشرح الظاهرة فى فترات محددة، وكيف نقلت هذه البنية **من عالم إلى آخر، وما أضافه** أو بدله كل منهم، أى كيف تم التراكم الداخلى من التناقضات والمكتسبات التى أدت **إلى التحول**؛ بيان عوامل البيئة التى تمت فيها هذه الظاهرة ومدى تأثيرها فى هذه الممارسة العلمية؛ معرفة الفترات المتعاقبة وبنية كل منها. من هنا فليس تاريخ العلوم جدولا "زمنيا" للوقائع العلمية والأحداث العلمية. فركز رشدى راشد، فى إطار من تيار البنيوية الظاهراتية *STRUCTURALISME PHENOMENOLOGIQUE* المعاصر، على التاريخ الوصفى الظاهراتى للبنيات، أى على تاريخ "العلاقات المعقولة للمعرفة". فموضوع تاريخ العلوم ليس موضوعا معطى٤٢. فالمقصود فى الظاهراتية هو الوصف وليس التعليل ولا التحليل. ذلك هو أول الفروض التى فرضها رشدى راشد على الظاهراتية.

ولتدارك هذه الأزمة[٤٢] كما سماها إدموند هوسرل، فى العلوم الأوربية (١٩٣٧)، أقام إدموند هوسرل، منذ مطلع الربع الأول من القرن العشرين تقريبا، بحثا مجددا هو الفينومينولوجيا /الظاهراتية.

و انتبه رشدى راشد أول ما انتبه إلى هذه الحقيقة : وهى أن هناك هوة بين البنيــة المنطقيــة للنظريــات العلمية وتاريخ النظريات العلمية، وأن من يبدأ بحثه بالتاريخ لن يدرك أبدًا، ماهية النظريات العلميــة. ولــيس معنى هذا، التخلى عن فكرة التاريخ، وإنما ينبغى إفساح المجال للبنية المنطقية للنظريات العلمية، بــل يتعــين الاعتراف بأن البنية المنطقية للنظريات العلمية وحدها هى التى تتيح المجال لتصنيف وقائع التاريخ وفحصها. فما لم نرجع ضمنيا إلى للبنية المنطقية للنظريات العلمية نفسها ، لاستحال علينا أن نكتب تاريخ العلــوم بــين الحشد الزاخر من النظريات العلمية والقوانين العلمية والمبرهنات وغيرها من بنيات العلم.

ح- وضع المؤرخ أمام ذاته وثقافته

مادمنا قد عدنا عودة ضمنية إلى ماهية العلم، فإن الفنومنولوجية تقضى بتحديد مضمون هــذه النظريــات بوساطة المفاهيم. ثم إن فكرة العلم، بالنسبة إلى الفنومنولوجية، لا يمكن أن تكون مفهومًا تجريبيًا ناتجًــا عــن التعميمات التاريخية، بل إننا فى حاجة إلى الاستعانة ضمنًا بنظريات العلم كما نهيئ لتعميمات المؤرخ علــى شيء من الرسوخ. وفضلا عن ذلك، لا يمكن اعتبار تاريخ العلوم نقطة للبدء إذا نظرنا إليــه بوصــفه علمًــا يفحص فى بعض النصوص والمبرهنات العلمية. ذلك لأن النظريات العلمية التى نجدها أمامنا ليــست وقــائع أوّلى تماما، وإنما هى فى جوهرها استجابات المؤرخ للمادة النظرية. ومن ثم فهى تفترض المــؤرخ والمــادة التاريخية ولا يمكن أن تكتسب معناها الحقيقى ما لم يوضح بادئ ذى بدء هذان المفهومان. فإن أردنا أن نقــيم تاريخ العلوم، تعين علينا أن نتخطى ما هو نفسي، أن نتخطى وضع المؤرخ فى التاريخ. يرقى المؤرخ إلــى مصدر العلم والعالم جميعًا ألا وهو التاريخ المتعالى والتكوينى الذى يتوصل إليــه مــن طريــق "الاختــزال الفينومينولوجي" أو "وضع التاريخ بين قوسين". ذلك هو العلم الذى ينبغى تحليله، وأن ما يعطى قيمة لإجاباته، لهو أنه العلم الذى ينتمى الباحث بالذات إليه، لغويا وثقافيا : العلم العربي.

من هنا، كان لا بد من حل مسألة هذا القرب التام للشعور بالنسبة إلى ذاته. ولكن رشدى راشد يمتنع عــن تحليل هذا الشعور عن الوقائع، وإلا لواجه فى المستوى المتعالى ما فى تاريخ العلوم من مصادفة. فهو يصف النظريات وصفاً يتعالى فيه على فوضى الوقائع المتفرقة، ويستعين فيــه بالمفــاهيم. ففينومينولوجيــا العلــوم العربية تدرس العلم بعد "وضع التاريخ الغربي/العربى السائد للعلوم بين قوسين".

إن ما يميز كل بحث فى التاريخ عن سائر أنماط المسائل الدقيقة، لهو هذه الواقعة الفريدة وهــى أن العلــم الإنسانى هو علمنا نحن. إن العلم الذى يحلله رشدى راشد هو العلم المكتوب فى اللغة العربية. وكينونة هــذا العلم هى كينونة الباحث. وليس عرضًا أن تشارك اللغة العربية التاريخ الإنسانى للعلم. يضع رشــدى راشــد العلم المكتوب فى اللغة العربية الكلاسيكية فى موضع التاريخ الإنسانى الشامل للعلم. وأبناء الــضاد بــذلك لا

يتلقون العلم من خارج كما هو شأن الحجر. لم يعد العلم العربى مميزًا خارجيًا للتاريخ الإنسانى للعلم، بل هو نحو وجوده. ويقدم رشدى راشد المقاربة الوجودية للكيان والكينونة والكائن فى إطار الفلسفة الرياضية، كما نوضح ذلك فى الباب الثالث من هذا الكتاب.

وأول التحوطات التى يتخذها المؤرخ الوضعى -وهو رشدى راشد- هو النظر فى حالة العلم على نحو يجردها من كل مدلول. فحالة العلم فى رأيه هى دائمًا واقعة. وهى بهذا المعنى عَرَض دائمًا. بل إن هذه السمة العَرَضية هى أهم ما يتشبث به مؤرخ العلم الوضعي. وعلى العكس من ذلك، يرتئى المؤرخ الفينومينولوجى أن كل واقعة إنسانية هى فى ماهيتها تحمل معنى. فإذا جردتها عن معناها، جردتها عن طبيعتها كواقعة إنسانية. فمهمة المؤرخ الفينومينولوجى إذن هى دراسة معنى تاريخ العلوم. المعنى هو الدلالة على شيء آخر، والدلالة عليه بحيث إذا ما بسطنا المعنى، كشفنا عن الشيء المعنى نفسه. والعلم لا يعنى شيئًا فى رأى المؤرخ الغير الظاهري، لأنه يدرسه كواقعة، أى أنه يقطع الصلة بينه وبين كل شيء آخر. لذلك يصبح العلم خاليا من المعنى. ولكن إن صح أن لكل واقعة إنسانية معنى، فإن العلم، كما يدرسه المؤرخ الغير الظاهري، علم ميت.

ط- عودة إلى تصور رشدى راشد لتطور العلوم

حاول رشدى راشد، إذن، توضيح معنى تاريخ العلوم. فهو ليس عرضًا. لأن تاريخ العلوم ليس مجموعة من النظريات. بل هو تعبير خاص عن الكل التركيبى للعقل الرياضى العربى الكلاسيكى فى اكتماله ونقصانه معا. وليس ينبغى أن يفهم من ذلك أنه معلول للواقع الإنساني. وذلك لأن له ماهيته وأبنيته الخاصة وقوانين ظهوره ومعناه. ومن هذه الناحية يقتصر عمل رشدى راشد على وصف النظريات الرياضية وتحققها أو فشلها. وذلك الوصف البنيوى هو عرض للعقلانيات (= وحدة الخصائص) المختلفة أو للبنى. فالسؤال الذى يثيره هو : "كيف يمكننا التصرف ضمن هذه الشروط لنستجلى مع تعدد الأسماء والكتابات والوقائع المحاور الخفية التى تطورت وفقها عقلانية أو بالأحرى عقلانية الرياضيات ذاتها؟" { التشديد من عندنا. و.غ.}(٤٣) . ويتعارض البحث عن المحاور الخفية مع الظاهرات. يبقى أن هذا هو الخط القائد لعمل المؤرخ عند وصف "بنية العلم". من واجبات المؤرخ بوجه عام، وصف التقليد النصى أو ما يسميه رشدى راشد باسم التراث أو التقليد الموضوعى *TRADITION OBJECTALE* كما أن عليه أن يصف بناء التراث أو التقليد التصورى *TRADITION CONCEPTUELLE*.

و ليس رشدى راشد من أهل الظاهر *EXTERNALISTES* إنما هو من أهل الباطن، لا بالمعنى الصوفي، بل بمعنى القول بعدم وجود تاريخ للعلوم، إذا لم يضع الباحث نفسه داخل المعمل العلمى بالذات. من هنا تعدل

ابستومولوجيا رشدى راشد اللاعلم والأيديولوجيا والممارسة السياسية والاجتماعية. ومع أنــه يــرفض فكــرة فلسفة التاريخ العلمى على غرار ما صاغها توماس كون، أفلا يمثل تصوير رشدى راشد للنظريات العلمية فى صورة "بنى معقدة" استلهاما لنظرية توماس كون فى البنى النظرية؟

لم يكن توماس كون المفكر الوحيد الذى بنى مثل هذا التصور للبُنى. فقد قدم جول فيلمان تحديدا للبُنَى فــى الرياضيات. وركز على أهمية نظرية المسائل (حسب عالم الرياضيات آبل) وعلى مبادئ التحديــد (التحديــد المتبادل، التام والمتدرج، حسب جالوا). وبين جول فيلمان كيف أن البنــى هــى الوســيلة الوحيــدة لتحقيــق طموحات المنهج التكوينى الحقيقي، أى البنيوي. البنيوية إذن هى الإطار العام للتأريخ المعاصر للعلوم. لكــن يبقى الفرق بين تصور رشدى راشد وتصور كل من توماس كون وجول فيلمان لتاريخ العلوم. فــلا يبتغــى رشدى راشد استخلاص نظرية للتطور التاريخى أو قانون عام للتطور التاريخى على غرار فلــسفة التــاريخ العلمى عند أُجست كونت، ليون برانشفيج، جاستون بشلارد، توماس كون... لكن ألا يمثــل تقــسيمه الجديــد للفترات التاريخية فى إطار مراعاة ما أتى به العلم العربي، أقول، ألا تمثل إعادة التقسيم نفسها نوعا جديدا من نظريات التطور التاريخى للعلوم؟ ألا يمثل تقسيمه لفترات التاريخ العلمي، من جديد، درجة من درجات فلسفة تاريخ العلم؟

يراعى التقسيم الجديد، تقسيم رشدى راشد، ما أتى به العلم العربي. ويقوم على صــياغة صــورة أخــرى للدور التأسيس للعلم اليونانى وللدور التجديدى لعلم القرن السابع عشر الميلادي. فجوهر هــذا التقــسيم لــيس الفترات ولا المراحل إنما العقلانيات. من هنا كانت أهمية ما أسماه بالعلم الكلاسيكى وكأنه شــيء *die Sache* مطلق يتجاوز الفترات ولا يتقيد بها بل يدمج ويفسر. أين بدأت عقلانية جديدة؟ متى انتهــت؟ إلــى أى نظــام خضعت؟

هذا التقسيم ليس نوعا جديدا من نظريات التطور التاريخى للعلوم إنما هو، أساسيا، وسيلة للبيــان. كيــف ظهرت إمكانات عقلانية جديدة؟ كيف استمرت؟ كيف ماتت؟ ويعد هذا فهما للتطور التــاريخى للعلــوم كمــا يتضمن وصفا تاريخيا وفلسفيا وابستومولوجيا-معرفيا لا فلسفة للتاريخ، إذ ظلت "فلسفة التاريخ" مقرونة، إلــى حد كبير، بالطريق اللاهوتية-الميتافيزيقية فى النظر إلى التاريخ. إنه الانزلاق نحو الإقرار بمبدأ "الإطلاق" ثم الابتعاد عن ذلك إلى "النسبية". فعلماء اللاهوت يضعون نصب أعينهم لحظة واحدة يعينون صــفاتها العامــة ويقولون إنها "مملكة الله". وطبيعى ما دامت منسوبة إلى الله أن تكون مملكة عادلة محــضًا، أى أن يتــساوى الخلق أمام باريهم. ولكن علماء اللاهوت بعد أن يفرضوا تلك اللحظة، يرجعون إلى واقع الحيــاة الحاضــرة فيجعلون قياسها على أساس نسبتها من مملكة الله العادلة أو ابتعادها عنها. وحين تصدمهم متناقضات الواقــع يقعون فى الفوضى، فيتطلعون إلى هذه المتناقضات بعين القاضي.

فإذا كانت فكرة التقدم قد مكنت الباحثين من توليد ميدان "العلم العربي" فى تاريخ العلوم بـــالمعنى الحـــديث الذى تبلور فى القرن الثامن عشر الميلادي، فإن رشدى راشد لا يصوغ فلسفة لتـــاريخ العلـــوم، لأن فلـــسفة التاريخ تقتضي، في ذاتها وجوهرها، النظر اللاهوتى للخلاص. فهل بالإمكان الاستغناء عـــن فكـــرة "العلـــة الأولى" و"الغايات الأخيرة" التى سادت الثقافة الإنسانية؟ ذلك هو السؤال.

فليست الفترات التاريخية -الماضي، الحاضر، المستقبل- مقاييس أساسية فى تصور رشدى راشد لتـــاريخ العلوم. ليس هناك بداية ونهاية ووسط. ليس تاريخ العلوم "حدوثه" بالمعنى الشائع. وإذا كان لابد من إطـــلاق صفة "فلسفة التاريخ" على عمل رشدى راشد فإنه لا بد من الاستغناء عن المضمون اللاهوتى لفلـــسفة تـــاريخ العلوم عند رشدى راشد. فمنطق النظريات الرياضية وتاريخها ليسا من جنس واحد.

و قد سبق أن أشرنا إلى فصل رشدى راشد بين البنية المنطقية للنظريات العلميـــة وتطورهـــا التـــاريخي. وسبق أن أشرنا كذلك إلى تصور رشدى راشد "للانغلاق المعرفي" فى الرياضيات تحديداً. فعند عتبة معينة أو مرحلة ما من تطور العلم ، **يبرهن الرياضى مبرهنة جبرية بسلسلة من المبرهنات** الأخرى التى كانـــت مـــن مسلمات الرياضيات نفسها. **هذا "الانغلاق المعرفي" يؤسس للعلاقة بين العلم** والمجتمع ويحدد بداهة لم ترد من قبل فى العلوم الغير الرياضية. **فالمنهج الظاهراتى فى النقد التاريخى للعلوم** يعرض للمخطوطات والنصوص والمؤلفات من دون **الالتجاء إلى أية افتراضات حول علم الوجود (الانطولوجيا** أو نظرية طبيعة الوجـــود) أو نظرية المعرفة أو نظرية **العلم (الإبستومولوجيا أو نظرية طبيعة المعرفة والعلم).**

من جهة أخرى، يأخذ **الوصف التاريخي-المعرفى فى الاعتبار الرياضيات** العربية وامتدادها فـــى اللغـــة اللاتينية. ويصل إلى وصف رياضى متسق بين القرن التاسع الميلادى وبدايات القرن السابع عشر المـــيلادى مما يحول دون الفصل التاريخى التقليدي-السياسى بين العصر الوسيط والعصر الحديث. فهو يصف محتـــوى جديدا لثنائية العصر الوسيط والعصر الحديث. من هنا رفض رشدى راشـــد، كمـــا رفـــضت الإبـــستمولوجيا المعاصرة بوجه عام، الاقتصار على التسجيل الزمني/الإخبارى للنتائج العلمية، بل دعا إلى تجاوز ذلك إلـــى كتابة تاريخ معيارى *EVALUATION* للعلوم. من هنا ظهر النشاط العلمى فى صـــورة المـــسائل والمنـــاهج والتصورات. ولم يقتصر تاريخ العلوم على الوصف. ولهذا يحتل تاريخ العلوم موقعاً متميزاً فى المجرى العام للزمان. فالتاريخ الإخباري/الزمنى للآلات والنتائج يمكن تقطيعه وفقا لحقب التاريخ العام. والزمن المـــدنى أو الاجتماعى لسير العلماء يتوافق مع الكل الاجتماعي. ولكن زمن حلول الحقيقة العلمية أو وقت التحقيـــق فـــى الحقيقة فله مساره الخاص بكل علم على حدة. فالعلم ليس فقط مجموعة من النتائج إنما هو روح ومـــنهج، أى

مجموعة من المعايير والقيم والضوابط والمقاييس التى تقيد طريقتنا فى الاقتراب من الظواهر بعامة. وهذه المعايير لا علاقة لها بالمعنى المعنوى أو الأخلاقي.

لا يقتصر رشدى راشد على سرد سير العلماء ووقائعهم ونتائجهم كما فى "وفيات الأعيان" لابن خلكان أو "تاريخ حكماء الإسلام" للبيهقى أو "تاريخ العلماء والرواة للعلم بالأندلس" لابن الفَرضى أو "تاريخ علماء بغداد المسمى منتخب المختار" للسلامى أو "عيون الأنباء فى طبقات الأطباء" لابن أبى أصيبعة أو "الفهرست" لابن النديم أو "تاريخ الحكماء" للقفطى أو "جامع العلوم والحكم" لابن رجب الحنبلى أو غيرها من المصادر العربية القديمة الأساسية فى تاريخ العلوم العربية، بل لا يقتصر على إعادة قراءة سير العلماء السابقة. من هنا استبعد رشدى راشد النزعة النفسية *PSYCHOLOGISME* العربية القديمة فى دراسة تاريخ العلوم. فليس تاريخ العلوم مجرد جمع لحياة العلماء. ويمثل السؤال : كيف تتولد نظرية علمية ما فى عقل عالم من العلماء؟ سؤالاً قد يكون مهماً بالنسبة إلى علم النفس التجريبى لكن لا صلة له بتحليل المعرفة العلمية. من هنا يؤرخ رشدى راشد للممارسة المعيارية. يبحث عن الحقيقة فى تاريخ العلوم العربية وفلسفتها. يبحث فى قضايا العلم التى يمكن التصديق عليها أو تكذيبها. فالوقائع العلمية معيارية، يحكم عليها بالصدق أو بالكذب، أو بدرجة التقريب التى تتسم بها.

و يصل رشدى راشد ولا يفصل بين القرن التاسع الميلادى والقرن السابع عشر الميلادي. إن رياضيات القرن التاسع الميلادى تتصل برياضيات القرن السابع عشر الميلادي. مع ذلك فهو لم يكشف عن هندسة رنيه ديكارت، تمثيلا لا حصرا، عند عمر الخيام أو شرف الدين الطوسي، إنما حدد الموضع الدقيق لتميز هندسة رنيه ديكارت وحداثتها وصلتها بالتراث السابق عليها أو الروافد العديدة السابقة. ولم يعد الكلام التاريخى الساذج المعهود عن تأثر ديكارت بالأسلاف. كذلك أمكن رشدى راشد المقارنة بين الجبر والحساب العددى عند السموأل وأعمال سيمون ستفن فى السياق نفسه كما أمكنه أن يقارن بين نظرية الفارسى فى الأعداد ونظرية رنيه ديكارت فى الأعداد، بين مناهج شرف الدين الطوسى فى الحل العددى للمعادلات ومنهجيات فيات *Viète* فى الحل نفسه، بين بحث الطوسى عن النهايات القصوى وبحث بيار فرما، بين بحث الخازن حول التحليل الديوفنطسى للأعداد الصحيحة وبحث باشيه دو ميزيرياك *Bachet de Méziriac*، بين رياضيات الخوارزمى وأبى كامل شجاع بن أسلم والكَرَجى ورياضيات ليونار دو بيز *Léonard de Pise* وبيار فِرما *Fermat* الإيطاليين والرياضيات المتقدمة فى القرن السابع عشر الميلادي. والأهم من ذلك، هو أن رشدى راشد قسم التاريخ العالمى للرياضيات تقسيماً جديداً، وبناه على الاتصال لا عن الانفصال بين القرن التاسع الميلادى والقرن السابع عشر الميلادي.

الهوامش

١) مصطفى نظيف، "محاضرات ابن الهيثم التذكارية"، المحاضرة الأولى، القاهرة، مطبعة فتح الله الياس نورى وأولاده بمصر، ١٩٣٩، ص٤٠ . ***حول*** مصادر الدراسة العلمية المحض فى البحث الغربي-الأوروبى المعاصر
:Marie-France SUCH, Dominique PEROL, Initiation à la bibliographie scientifique, Promodis Editions du Cercle de la librairie, 1987

حول مصادر دراسة تاريخ التراث الرياضى الإسلامى فى البحوث الاستشراقية الحديثة والمعاصرة : جان سوفاجيه، كلود كاين، ترجمة د. عبد الستار حلوجي، د. عبد الوهاب علوب، "مصادر دراسة التاريخ الإسلامي"، القاهرة، المجلس الأعلى للثقافة، المشروع القومى للترجمة، ٣١، ١٩٩٧، ص ١٦٩ .

٢) "الكتاب المقدس"، أى كتب العهد القديم والعهد الجديد، وقد ترجم من اللغات الأصلية، دار الكتاب المقدس فى الشرق الأوسط، كتاب العهد الجديد لربنا ومخلصنا يسوع المسيح، وقد ترجم من اللغة اليونانية، "الرسالة إلى العبرانيين"، الإصحاح السادس، الآية ٢٠، ص ٢٥٨ . أنظر فى هذا الشأن : فراس السواح، "مغامرة العقل الأولى"، دراسة فى الأسطورة، دار الكلمة للنشر، بيروت-لبنان، ١٩٨٠ ؛ "كان انشغال التاريخ على الدوام بمشاكل المنشأ والأصل أشد منه كثيرا بمشاكل الاضمحلال والسقوط. فنحن حين ندرس أية حقبة، نبحث دوما عن بادرات ما ستجلبه الحقبة التالية [...] فانا طفقنا نبحث بغاية الجد عن مصادر الثقافة العصرية، حتى ليبدو فى بعض الحين وكأنما ما نسميه العصور الوسطى لم يكن إلا تمهيدا يمهد لعصر النهضة]...[وقد ظهر الآن أن الخلة البارزة المشتركة بين المظاهر المتنوعة للحضارة فى تلك الحقبة متأصلة فى الأواصر التى تربط تلك المظاهر بالماضي، أكثر منها فى البذور التى تدخرها للمستقبل. ولا شك أن خير وسيلة لتقويم الأهمية المنوطة، لا بالفنانين فحسب، بل أيضا برجال الدين (اللاهوتيين) والشعراء ومؤرخى الحوليات والأمراء ورجال الدولة إنما هى بالنظر إليهم، لا على أنهم رواد لثقافة مقبلة، بل باعتبارهم عاملا على الوصول بالثقافة القديمة إلى غاية كمالها ونهايتها." (الأصل الهولندي)
Johan Huizinga, Herfsttij der middeleeuwen, 1919
(*Johan Huizinga, The waning of the Middle Ages, 1924*الترجمة الإنجليزية)
يوهان هويزنجا، "اضمحلال العصور الوسطى"، الترجمة العربية بقلم : عبد العزيز توفيق جاويد، ط٢، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٩٨، ص ١١ .

٣) المرجع السابق، إنجيل يوحنا، الإصحاح الأول، الآيات ٧-٨ ، ص ١٤٥ .

٤) "ثلاث شهادات عن الاستشراق والمعاصرة"، محمد أركون، جمال الدين بن الشيخ، اندريه ميكيل، حوار احمد المديني، محمد اركون، "التأمل الابستمولوجى غائب عند العرب"، مجلة الفكر العربى المعاصر، بيروت، الأعداد ٢٠-٢١-٢٢، صيف ١٩٨٢، ص ٨٤-٨٥ .

٥) محمد عابد الجابري، "تطور الفكر الرياضى والعقلانية المعاصرة"، بيروت، دار الطليعة، ١٩٧٦، ص٥٧ .

٦) محمد عابد الجابري، "نقد العقل العربي"، "تكوين العقل العربي"، بيروت-لبنان، مركز دراسات الوحدة العربية، ط٣، ١٩٨٨؛ نقد العقل العربى (ندوة)/أحمد صدقى الدجاني، سعد الدين إبراهيم، محمد عابد الجابري، معن زيادة، السيد يسين، مجلة "المستقبل العربي"، ٧٠، ١٢/١٩٨٤، ص ١٢٨-١٥٠ .

7) *Tullio GREGORY, Genèse de la raison classique de Charron à Descartes, traduit par Marilène Raiola, Paris, PUF, 2000, pp. 1-12 : La première crise de la conscience européenne : Une historiographie française encore vivace voudrait que tout commence avec Descartes (p.1). Préface de Jean-Robert Armogathe*
إميل برهييه،تاريخ الفلسفة، ج٤، "القرن السابع عشر"، ترجمة جورج طرابيشي، دار الطليعة، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨٣.

٨) رشدى راشد، "تاريخ العلم والعطاء العلمى فى الوطن العربي"، فى مجلة "المستقبل العربي"، يصدرها مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان، السنة ٨، العدد ٨١، نوفمبر ١٩٨٥، ص ٣٨ .

٩) المرجع السابق، ص ٤٣ .

١٠) رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، "بين الجبر والحساب"، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (١)، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨٩، ص ٤٩ .

١١) جورج كونجيلام، "دراسات فى تاريخ العلوم وفلسفتها"، باريس، فران، ١٩٦٨، ١٩٨٣، المدخل موضوع تاريخ العلوم، ترجمه خليل أحمد خليل فى مجلة دراسات عربية العدد ١٢ أكتوبر ١٩٩١ ص ١٥-٢٦ . وقد رجعنا إلى هذه الترجمة وعدلنا فيها الكثير. ص١١ من الأصل :
Georges Canguilhem, Etudes dhistoire et de philosophie des sciences, Paris, Vrin 1983, P. 11.

12) *Georges Canguilhem, Etudes dhistoire et de philosophie des sciences, Paris, Vrin, 1983, P. 20-21.*

13) *Georges Canguilhem, Etudes dhistoire et de philosophie des sciences. Paris, Vrin, 1983, P. 21.*

14) *Michel Foucault, Les mots et les choses, V. Le continu et la catastrophe, pp. 158-163, Paris, Gallimard, 1966, PP. 158-176.*

والجدير بالذكر أنّ مشروع ميشيل فوكو بوجه عام كان هو البحث فى "الانقطاع المجهول للمعرفة"، فالمعرفة بوصفها جال التاريخية التى تظهر فيها العلوم، هى حرة من النشاط التكويني، وهى حرة من الإحالة إلى الأصل أو إلى الغائية التاريخية–المتعالية، وهى حرة من الاستناد إلى الذاتية المؤسسة.

15) *Gaston Bachelard, La Formation de lesprit scientifique, Paris, Vrin, 1993.*

16) *Immanuel Kant, Anthropologie in pragmatischer hinsicht, in Immanuel Kant Schriften zur Anthropologie, Geschichts-philosophie, politik und Padagogik 2, Werkausgabe Band XII Mit Gesamtregister Herausgegeben von Wilhelm weischedel, Suhrkamp taschenbuch wissenschaft, Insel Frankfurt Verlag, 1964,$ 36, s. 499-505*

17) *Immanuel Kant, Was heisst sich im Denken orientieren?, in Kant Werke, Band 5, Insel Verlag wiesbaden, 1958, s. 265-283; Heidegger, Was heisst Denken?, Max Niemeyer Verlag, Tubingen, 1971.*

18) *Immanuel Kant , Anthropologie in pragmatischer hinsicht, in Immanuel Kant Schriften zur Anthropologie, Geschichts-philosophie, politik und Padagogik 2, Werkausgabe Band XII Mit Gesamtregister Herausgegeben von Wilhelm weischedel, Suhrkamp taschenbuch wissenschaft, Insel Frankfurt Verlag, 1964, $$ 56-57, s. 546-553*

19) *Kant, Kritik der Urteilskraft, Felix Meiner Verlag, Hamburg,2001, $ 46, s. 193*

فى شأن تحليل تصور العبقرية فى العلوم والمعرفة والفن والإقتصاد بعامة، أنظر أيضا : أفلاطون، محاورة "أيون" *ION* 533د–٥٣٤د، محاورة "الجمهورية" ، الكتاب السابع؛ ماركس، "رأس المال"، نقد الإقتصاد السياسي، ترجمة أنطون حمصي، منشورات وزارة الثقافة، دمشق–سوريا، ١٩٧١، الكتاب الأول، نمو الإنتاج الرأسمالي، الجزء الأول، القسم الثالث، الفصل السابع، إنتاج قيم الإستعمال وإنتاج فائض القيمة، ١– إنتاج قيم الإستعمال، ص ٢٨١–٢٩٣، *I*؛ مصطفى سويف، "الأسس النفسية للإبداع الفني، فى الشعر خاصة"، القاهرة، دار المعارف بمصر، ١٩٥١، ص ١٠٩–١٤٥؛ د. مصطفى سويف، العبقرية فى الفن، القاهرة، دار القلم، وزارة الثقافة والإرشاد القومي، الإدارة العامة للثقافة، المكتبة الثقافية، ١٩٦٠ .

٢٠) رشدى راشد، "نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها"، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، مايو ١٩٩٨، ص ١٢٢–١٢٣ .

٢١) جيمس وستفال تومسون، جورج راويه، فرديناند سكيفل، جورج سارتون، "حضارة عصر النهضة"، ترجمة د. عبد الرحمن زكي، القاهرة، دار النهضة العربية، ١٩٦١، ص ١٠١ .

22) *Alexandre Koyrè, Du monde clos à lunivers infini, Paris, Gallimard, 1962; La révolution astronomique, Copernic, Kepler, Borelli, Paris, Hermann, 1961.*

٢٣) رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص ١٩–٣٢ .

٢٤) رشدى راشد، "لاجرونج قارئا لديوفنطس"، فى "العلوم فى عصر الثورة الفرنسية"، "أبحاث تاريخية"، إشراف رشدى راشد، باريس، دار ألبار بلونشار، ١٩٨٨، ص ٣٩–٨٦ (فى اللغة الفرنسية).

٢٥) رشدى راشد، تاريخ الرياضيات العربية، مرجع سبق ذكره، ص ٢٣٥–٢٦٧ .

٢٦) بيار فرما، أعمال بيار فرما، ج١، نظرية الأعداد، نصوص ترجمها بول تانري، وقدم لها وعلق عليها رشدى راشد، ش. هوزال، ج. كريستول، ١٩٩٩ (فى اللغة الفرنسية).

٢٧) عبد السلام بنعبد العالي، سالم يفوت، "درس الإبستمولوجيا"، سلسلة المعرفة الفلسفية، المغرب، دار توبقال للنشر، ١٩٨٥، ص ٦٩ .

٢٨) حول مصطلح الأيديولوجيا، أنظر: *François CHATELET, (dir.), Histoire des idéologies, trois tomes, Paris, Hachette, 1978*

- الأيديولوجيا الإسلامية، ج١، ص ٢٥٨–٣٥٠ : الإطار– العوالم الإلهية
- أيديولوجيا النهضة، ج٢، ص ٢٣١–٢٤٩ : الإطار– من الكنيسة إلى الدولة
- أيديولوجيا التقدم، ج٣، ص ١٩– ٩٨ : الإطار– المعرفة والسلطة
- الأيديولوجيا ورؤية العالم *Weltanschauung*، ج١ ص١١

مارتن هيدجر، "زمن صور العالم" (١٩٣٨)، فى

Martin Heidegger, Die Zeit des weltbildes (1938), Zusatze, in Holzwege, in Gesamtausgabe, I. Abteilung : Veroffentliche Schriften, 1914-1970, Band 5, Vittorio Klosterman, Frankfurt am Main, 1977, S. 75-113.

Mario Bunge, Ideology and science, in Lectures on philosophy and physics, editor : Mourad Wahba, Cairo 1986, Faculty of education, Ain Shams university, pp. 105-114.

عبد الله العروي، "الأيديولوجية العربية المعاصرة"، قدم له المستشرق الفرنسى الراحل مكسيم رودنسون، نقله إلى العربية محمد عيتاني، بيروت–لبنان، دار الحقيقة، ط١، ١٩٧٠، ص ١٦٩–١٩٦ : اخفاقات النزعة الوضعية؛ مأزق الايديولوجيا، مجلة الفكر العربي، بيروت–لبنان؛ مجلة الإنماء العربى للعلوم الإنسانية، ابريل–يونيو ١٩٩٢، العدد ٦٨، السنة ١٣ (٢)؛ "الفلسفة والايديولوجيا"، مجلة الفكر العربي، بيروت–لبنان، مجلة الإنماء العربى للعلوم الإنسانية، مايو–يونيو ١٩٨٠، العدد ١٥، السنة الثانية.

29) *Jacques DHondt, Lidéologie de la rupture, Paris, PUF, 1978, pp. 5-24*

٣٠) "منطق أرسطو"، ج٢، حققه وقدم له د. عبد الرحمن بدوي، وكالة المطبوعات، الكويت، دار القلم بيروت–لبنان، ط١، ١٩٨٠، ص٣٥٥–٣٥٦ .

٣١) "منطق آرسطو"، ج٢، حققه وقدم له د. عبد الرحمن بدوي، وكالة المطبوعات، الكويت، دار القلم، بيروت–لبنان، ط١، ١٩٨٠، ص٣٥٦–٣٥٧ .

٣٢) نظرية المسلمات فى العصور الوسطى:
Occam, Summa totius logicae, ed. Boehner, I, 70, 1967, traduction anglaise de la première partie avec une longue introduction philosophique dans : Loux, Ockhams theory of terms, university of Notre Dame Press, 1974; Guillaume De Sherwood, Introductiones in logicam, VII, ed. Lohr et al. in Traditio, 1983, traduction anglaise Kretzmann Minnesota Press; Pierre Despagne, Tractatus called after Summule Logicales, ed. De Riok, Van Gorcum, 1972, Texte latin précédé dune longue introduction historique en anglais; Thomas DAquin, De Ente et Essentia, texet et traduction, ed., Capele, Vrin, 1967; Kretzmann, Kenny, Pinborg, The Cambridge History of later Medieval Philosophy; Boehner Ph., Medieval Logic : an outline of its development from 1250-c. 1400, Manchester, 1952; Henry D. P., Medieval logic and metaphysics, Hutchinson, 1972; Geach P. T., Reference and Generality, Cornell, 1962-1980; Karger E., Conséquences et inconséquences de la supposition vide dasn la logique dOckham, Vivarium, XVI-1, 1978; LIBERA A. de, Sémantique Médiévale. Cinq études sur la logique et la grammaire au Moyen Age, Histoire, Epistémologie, Langage, III, 1, 1981.

نظرية المسلمات فى العصور الحديثة–الكلاسية العربية:
الخازن، "كتاب ميزان الحكمة"، ط١، مطبعة دائرة المعارف العثمانية بحيدر آباد الدكن، ١٣٥٩ه، ص ٦ : "إن لكل صناعة مبادئ تبتنى عليها ومصادرات تستند إليها من جهلها خرج عن طبقة من يخاطب فيها."

33) *G.W.F. Hegel, Enzyklopadie der philosophischen Wissenschaften (1830), Felix Meiner, Verlag, Hamburg, 1991, S. 33.*

٣٤) جاك ديريدا، "النفس، إبتكارات الآخر"، باريس، دار نشر جاليليو، ١٩٩٨، ص ٢٦–٢٧
Jacques Derrida, Psyché, Inventions de lautre, Paris, Galilée, 1998, pp. 26-27.

35) *Kurt von Fritz, Grundprobleme der Geschichte der antiken wissenschaft, walter de Gryter, Berlin, New York, 1971, s. 1-14: 1. Allgemeine Grundlagen und Voraussetzungen.*

٣٦) ج. كروثر، "العلم وعلاقته بالمجتمع"، ترجمة د. إبراهيم حلمى وأمين تكلا، القاهرة، لجنة القاهرة للتأليف والنشر، من دون تاريخ ؛ ج. ج. كراوذر، "صلة العلم بالمجتمع" ترجمة حسن خطاب ومراجعة د. محمد مرسى أحمد رئيس قسم الرياضيات بكلية العلوم بجامعة القاهرة، وزارة التربية والتعليم–قسم الترجمة–إدارة الثقافة العامة، القاهرة، مكتبة النهضة المصرية، من دون تاريخ.

37) *Jean Cavaillès, Philosophie mathématique, Préface de Raymond Aron, Paris, Hermann, éditeurs des sciences et des arts, Collection Histoire de la pensée, 1962, p. 274.*

٣٨) على أدهم، "بعض مؤرخى الإسلام"، سلسلة الثقافة العامة، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ١٩٧٤ . أنظر أيضا : جورج طرابيشي، "مذبحة التراث فى الثقافة العربية المعاصرة"، بيروت–لبنان، دار الساقي، ١٩٩٣، ص ٥١–١٢٨ : ٣– المذبحة النظرية : التيار العلمي، – النموذج العلمى البراجماتي، – النموذج العلمى الابستمولوجي؛ د. طيب تيزيني، الفكر العربى فى بواكيره وآفاقه الأوّلى، مشروع رؤية جديدة للفكر العربى فى ١٢ جزءا، ط١، ١٩٨٢، ص٩ : "من "وهم الجاهلية" إلى مصطلح "التاريخ العربي.""؛ د. هشام جعيط، الشخصية العربية الإسلامية والمصير العربي، نقله إلى العربية د. المنجى الصيادى وقام المؤلف بتدقيقه وتنقيحه، بيروت–لبنان، دار الطليعة، ط١، ١٩٨٤، ص ٢٨– : "العالمية العربية الإسلامية فى العصر الكلاسيكي."

٣٩) إرنست كاسيرر، "فى المعرفة التاريخية"، ترجمة أحمد حمدى محمود، مراجعة على أدهم، دار النهضة العربية، من دون تاريخ، ص ٢١ . أنظر أيضا فى شأن المعرفة التاريخية بوجه عام : إدوارد كار، ترجمة ماهر كيالى وبيار عقل، "ما هو التاريخ؟"، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت–لبنان، ط٢، ١٩٨٠، مراجعة رشاد بيبي؛ د. طريف الخالدي، "بحث فى مفهوم التاريخ ومنهجه"، دار الطليعة، بيروت–لبنان، ط١، ١٩٨٢؛ تاريخ البشرية، المجلد السادس، القرن العشرون، التطور العلمى والثقافي، ج٢، ١، "تطور المجتمعات"، إعداد اللجنة الدولية بإشراف منظمة اليونسكو، الترجمة والمراجعة عثمان نوية، د. راشد البراوي، محمد على أبو درة، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للتأليف والنشر، ١٩٧١؛ تاريخ البشرية، المجلد السادس، القرن العشرون، التطور العلمى والثقافي، ج٢، ٢، "صورة الذات وتطلعات شعوب العالم"، إعداد اللجنة الدولية بإشراف منظمة اليونسكو، الترجمة والمراجعة عثمان نوية، د. راشد البراوي، محمد على أبو درة، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للتأليف والنشر، ١٩٧٢؛ تاريخ البشرية، المجلد السادس، القرن العشرون، التطور العلمى والثقافي، ج٢، ٣، "التعبير"، إعداد اللجنة الدولية بإشراف منظمة اليونسكو، الترجمة والمراجعة عثمان نوية، د. راشد البراوي، محمد على أبو درة، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للتأليف والنشر، ١٩٧٢؛ هنرى جونسون، ترجمة وتقديم د. أبو الفتوح رضوان، تدريس التاريخ، القاهرة، دار النهضة، ١٩٦٥

٤٠) المرجع السابق، ص ٢٢–٢٣.
A. Corvisier, Sources et méthodes en histoire sociale, Paris, CDU et SEDES réunis, 1980. Les étapes de lhistoire structurale, pp. 16-28.

41) *Wuef Dhund, Strukturalismus, Ideologie und Dogmengeschichte, Hermann Luchterhan Verlag, 1973.*

42) *Husserl, Die Krisis der europaischen Wissenschaften und die tranzendentale Phanomenologie, Felix Meiner Verlag, Hamburg, 1982; Jan Patocka, La crise du sens, Tome 1, Comte, Masaryk, Husserl, Editions Ousia, 1985, pp. 19-37 : La conception de la crise spirituelle de lhumanité européenne chez Masaryk et chez Husserl (1936)"; Marc Richir, La crise du sens et la phénoménologie, Autour de la Krisis de Husserl, suivi de Commentaire de Lorigine de la géométrie, pp. 213-273, Chapitre : ٧ La crise des sciences européennes et le sens de lépistémologie phénoménologique 1-3 §§*

حول تصور الأزمة *Krisis* فى العلوم الأوروبية (١٩٣٧) لإدموند هوسرل، أنظر:

Jan Patocka, traduction du tchèque par :Erika Abrams, La crise du sens, 1986, Marc Richir, La crise du sens et la phénoménologie, autour de la Krisis de Husserl, suivi de Commentaire, 1990; Jean-Toussaint Desanti, Phénoménologie et praxis, Paris, Editions sociales, 1963. Réédité sous le titre : Introduction à la phénoménologie, Paris, Gallimard, 1976; Peter Halley, La crise de la géométrie et autres essais, 1981-1907, Paris, Ecole Nationale Supérieure des beaux-arts, Collection : Ecrits dartistes, 1992.

حول تصور الأزمة *KRISIS* فى العلوم الأوروبية (١٩٣٧) لإدموند هوسرل، أنظر فى اللغة العربية:
محمد الماكري، "الشكل والخطاب"؛ "مدخل لتحليل ظاهراتي"، بيروت، المركز الثقافى العربي، ط١، ١٩٩١ . أنظر أيضاً حول الأزمة : تشارلز فرنكل، أزمة الإنسان الحديث، ترجمة د. نقولا زياده، مراجعة عبد الحميد ياسين، بيروت-نيويورك، ١٩٥٩، وهو ترجمة للكتاب :

Charles Frankel, The Case For Modern Man, Harper and Brothers, New York, 1955, 1956.

٤٣) رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص ١١ .

الفصل الثانى

"الأساطير الابستمولوجية" فى تاريخ العلوم

" إن مقصدنا ليس استعادة الحقوق المهضومة، ولا المعارضة بين علم أوروبي، وعلم، نزعم بدورنا أنه شرقي، إنما كل ما نرمى إليه هو أن نفهم المغزى الكامن فى وصف العلم الكلاسيكى بالصفة الأوروبية، وأن ندرك الأسباب التى تقف وراء هذا التحديد الجغرافى و"الانتروبولوجي"

رشدى راشد

هدف رشدى راشد إلى هدم الرؤية الأنثروبولوجية فى تاريخ العلوم. وهو الاتجاه الغالب علـى البحـوث الغربية المعاصرة، فيما يحاول بعض الباحثين العرب صياغته من جديد فى إطار دراسـة الثقافـة العربيـة الكلاسيكية وفى إطار صياغة اتجاه إنسانى عربى جديد.

I– هدم الرؤية الأنثروبولوجية

إذا أطلقنا اسم علم الإنسان على بحث يستهدف الكلام على الإنسان المجرد وأحـوال الوجـود الإنـسانى الغربى وحده، فإن تاريخ العلوم بل تاريخ العلوم الإنسانى لا يكون، عند رشدى راشد، ولن يكون تاريخ علوم البتة. فرشدى راشد لا يقصد إلى وضع مسلمات بحثه أو تحديدها بصفة أولية، كما سبق أن أشرنا فى الفـصل الأول من هذا الباب. ولا يتصور الإنسان بصفة مجردة إنما هو يتصور تصورا عقليا. ففى التاريخ الكلاسيكى عدد من العلوم الغربية والعربية تتسم فى منظور رشدى راشد الجديد، بسمات متماثلة. ويقيم رشـدى راشـد البرهان على الرابطة الموضوعية بين هذه العلوم وتلك، كما أسلفنا فى الفصل الأول من هذا الباب.

تظهر العلوم فى مجتمع، وتكتب فى إحدى اللغات، وتخلف الشواهد والآثار والمخطوطات. ولكن المـؤرخ الأنثروبولوجى لا يورط نفسه. فهو يجهل إن كان تصور الإنسان ليس احتماليا. هذا التصور قد يكون شموليا تماما. فما يدرينا أن كان من الممكن إدراج العلم العربى فى الطبقة العليا للعلم الكلاسيكى المتحضر.

وقد يكون هذا التصور محدودا تماما. فما يدرينا أن ليس هناك هوة تفصل بين العلم العربى الوسيط والعلم الغربى الكلاسيكي. فإن مؤرخ التاريخ الأنثروبولوجى يأبى على نفسه أن يعتبر أن ما يحيط العلم الكلاسـيكى الغربى من النتاج العلمى شبيها به فى الرياضيات العربية.

إن فكرة التشابه هذه تبدو ملتبسة، مع أنها توجه تاريخ رشدى راشد للرياضيات العربية وفلسفتها. يعتـرف المؤرخ الأنثروبولوجى فى نطاق التحفظات السالفة الذكر، بإنسانية العلم العربى، أى بأن العلم العربى جـزء من تاريخ العلوم بعامة. ولكنه يرى أن صفة الإنسانية هذه مضافة إليه إضافة لاحقة، وأنه ليس بالإمكان، من حيث أنه عضو فى هذه الطائفة، أن يصبح موضوع درس خاص، اللهم إلا لسهولة التجارب. فمعرفتـه بأنـه علم مستمدة إذن من الآخرين ولن تتجلى له طبيعته الإنسانية بصورة خاصة بزعم أنه هـو نفـسه موضـوع

الدرس. فإذا قدر لمفهوم دقيق عن الإنسان أن يظهر يومًا ما، فلن يمكن تصور هذا المفهوم إلا بوصفه خاتمة علم تام ، أى أنه مؤجل إلى ما لا نهاية. وهو إذ ذاك لن يكون إلا مسلمة واحدة لربط المجموعة اللامتناهية من المخطوطات المكتشفة وتنسيقها.

وقد حد تشارلز سوندرس بيرس (١٨٣٩ - ١٩١٤) المسلمة بأنها مجموعة النتائج التجريبية التى تقبل التنبؤ. من هنا ليس بالإمكان صياغة فكرة الإنسان إلا على شكل مجموعة الوقائع المسجلة التى تؤسس لهذه الفكرة ولتوحيدها. وإن استخدم بعض مؤرخى العلوم مع ذلك تصورًا معينًا عن الإنسان قبل أن يصبح هذا التركيب النهائى ممكنًا ، فهم يصدرون فى ذلك عن دافع أيديولوجى خالص بوصف هذا التصور شعاعًا هاديًا بحيث يتعين عليهم أولا ألا يغيب عنهم البتة أننا بصدد تصور منظم للتجربة. وينجم عن كل هذه التحفظات أن مؤرخ العلوم، من حيث ادعائه أنه مؤرخ ، لا يقدر أن يمدنا إلا بمجموعة من الوقائع المتفرقة التى لا تربط بين معظمها رابطة ما. فترقب الواقعة إنما يعنى ترقب واقع منعزل، وتفضيل العرض على الماهية، والحادث على الضروري، والفوضى على النظام، صدورا عن نزعة وضعية، ومعناه رفض الجوهر رفضًا تاما وأرجائه إلى المستقبل. ولقد فات مؤرخى العلوم أنه من المحال الوصول إلى الماهية من خلال تجميع غير منظم للمبرهنات والبراهين والنظريات والقوانين.

وقد يقال إن هذا هو منهج العلوم الطبيعية وطموحها. لكن لا تهدف علوم الطبيعة إلى معرفة وحدة العالم، بل إلى معرفة شروط إمكان بعض الظواهر العامة. فقد تبدد منذ أمد طويل تصور العالم هذا نتيجة لنقد علماء المناهج. لكن ليس من المحال، كما سأبين فى الباب الرابع من هذا الكتاب، الجمع بين تطبيق الرياضيات على العلوم الاجتماعية والإنسانية، والأمل فى الكشف عن معنى العالم. ينبغى على مؤرخ العلوم التسليم بأن العلم بمعناه الإنسانى العريض بعيد المنال. والحق أنك تستطيع أن تمعن النظر فى هذه الظواهر، وفى التصور التجريبى الذى نكونه عنها وفقًا لتعاليم مؤرخى العلوم وأن تقبلها على جوانبها كلها، فلن تكتشف أية رابطة جوهرية بين وقائع تاريخ العلوم. ومع ذلك فإن مؤرخ العلوم يعترف بأن لتاريخ العلوم وقائع لأن ذلك هو ما تلقنه التجربة إياه. وهكذا يكون العلم عرضًا أولا وبالذات تفرد له كتب تاريخ العلوم فصلا يأتى فى أعقاب فصول التاريخ السياسى الأخرى.

أما دراسة شروط إمكان تاريخ العلوم، أى التساؤل عما إذا كان بنيان الواقع العلمى نفسه يجعل تاريخ العلوم ممكنا، وعلى أى نحو يجعله ممكنا، فذلك ما يبدو لمؤرخ التاريخ التقليدى أمرًا بلا جدوى. ففيما البحث فى إمكان تاريخ العلوم ما دام تاريخ العلوم قد قام منذ القرن الثامن عشر الأوروبي؟

يلجأ مؤرخ التاريخ التقليدى إلى التجربة لتحديد معالم الظواهر العلمية وتعريفها. وإذ ذاك فقد ينتبه الـى أن لديه حقا فكرة عن العلم ما دام يضع ، بعد معاينة الوقائع والمخطوطات والوثائق والنصوص، حدًا فاصلاً بين العلم والأنثروبولوجيا. كيف بإمكان الخبرة أن تمده بمبدأ للتمييز إن لم يكن لديه المبدأ سلفا؟

تهدم بحوث رشدى راشد الأطروحة القديمة حول الفرق النهائى بين العقلية البدائية والعقلية المتحضرة. فقد عاد العلم لا يقبل بالفروق الجوهرية بين الفكر الهمجى والفكر المنطقي. لم يعد هنالـك سـوى فـروق فـى الاستعمال وفى تحديد أهداف البحث. وليس من شك فى أن عبارة "العلم الغربي" تثير فى ذهن الباحث أكثـر من سؤال : هل هناك علم "خاص" بالغرب، من دون غيرهم؟ أليس العلم خاصية عامة تميز الإنسان بعامة، لا الإنسان الغربى بخاصة؟ هل يتعلق الأمر بذلك الفرق الذى أقامه بعضهم بين العقل السامي، التجزيئي، الغيبي، والعقل الآري، التركيبي، العلمي؟ أم أن الأمر يتعلق بسر من أسرار اكتشفه الغرب فـى نفـسه، يقـرأ فيـه عبقريته وأصالته ؟ لقد كان بالإمكان أن نجتنب مثـل هـذه الأسـئلة الاسـتهلالية لـو أن مـؤرخ العلـوم الأنثروبولوجى لجأ إلى كلمة "فكر" بدل كلمة "علم". فكلمة "الفكر الغربي"، تمثيلا لا حصرا، تعنـى مـضمون هذا الفكر ومحتواه، أى جملة الآراء والأفكار والمثل الأخلاقية والمعتقدات والمذاهب والطموحـات الـسياسية والاجتماعية التى يعبر عنها. وهذا بالضبط أحد أنواع الخلط الذى لا بد للباحث أن يجتنبه منذ البداية. هنالـك فرق إذن بين "العلم الغربي" و"الفكر الغربي". الفكر الغربى هو ما يحمله من أفكار. وأما "العقل الغربي" فهـو الأداة المنتجة لهذه الأفكار. وأما العلم الغربى فهو نتاج النشاط العقلى الغربي.

II- عصر النهضة العلمية

فى ضوء الرؤية الأنثروبولوجية لتاريخ العلوم، صار من المتواتر أن الطريقة العلمية الحديثة لم تنشأ فـى تاريخ تطور الفكر الإنسانى إلا فى ضوء عصر النهضة فى أوروبا، وينسب أكبر قسط من الفضل فى إنشائها إلى العالم الإنجليزى " فرانسيس بيكون ". فهو يعد -فى ضوء الرؤية الأنثروبولوجية لتاريخ العلوم- أول من بيَّن أن الطريقة فى البحث هى اعتماد الخبرة ومشاهدتها وجمع المشاهدات وتبويبها وترتيبها، حتـى يـصبح بالإمكان، بالاستقراء، بلوغ المعلومات والنتائج. فطريقة البحث العلمى تبدأ بمشاهدة الأمور الطبيعية على مـا هى عليه فى الواقع وجمع الوقائع المشاهدة وترتيبها وتبويبها، لا لمجرد الجمع أو الترتيب أو التبويـب، بـل للبحث بتمحيص تلك الوقائع عن رابطة ترتبط بها، قد نسميها قانونا طبيعياً أو قد نسميها نظرية علميـة. ولا ينتهى الأمر بالكشف عن هذه العلاقة ، وإنما ننتج بالقياس النتائج. ثم يبحث الباحث عن صحة نتائج القيـاس ، هل هى مطابقة للواقع ؟ وان تحققت على هذه الصفة كان ذلك دليلاً على صحة تلك العلاقة ، التى هى القانون الجديد ، أو النظرية المرجعية أو النموذج الإرشادى *PARADIGME*. وإن خالفت نتـائج القيـاس الواقـع،

ومحصت تلك العلاقة ، عليها تقبل التعديل أو التنقيح بما يوفق نتائجها القياسية مع الواقع. وإن تبين قصورها نبذت وطرحت جانباً. وجرى البحث عن علاقة أخرى أصلح. وفى الكشف عـن هـذه العلاقـة وتـصورها وصوغها فى الصيغة الصحيحة ، تتجلى ناحية من النشاط الفكري. ورائد الباحث فى كل ذلك إقرار الوقـائع من دون أن يكون لنزعة من النزعات، أثر يلونها بلون خاص. وأحياناً يستعان فى الكشوف العلمية بالمماثلة " *ANALOGIE* "، كما كان يعنى به فى المنطق العربى القديم ، نقل الحكم من ظاهرة إلى أخرى تـشبهها فـى أمر من الأمور. فيهتدى به على منوال المعلوم إلى معرفة المجهول. لكن البحث المعاصر يحاول أن يستغنى عن أسلوب التمثيل فى التفكير. إن عناصر الطريقة العلمية الحديثة هى إذن كما هو معلوم: الاستقراء والقياس، واعتماد المشاهدة أو التجربة.

أهمية العصر العربى فى تطور العلوم وتقدمها

و لعل من أهم الأبحاث الحديثة فى تاريخ العلوم أن هذه الطريقة فى الأبحاث قد كشفت عن أهمية العـصر العربى فى تطور العلوم وتقدمها. وكان العلم بمعناه الصحيح – العلم المبنى على المشاهدة والتفكيـر والـذى يرمى إلى المعرفة من حيث هى بصرف النظر عن أى اعتبار "مادى" أو تطبيقى"– كان هذا العلم تنسب نشأته إلى عصر الإغريقى الذهبى من جهة، كما يرجع العلم بمعناه الصحيح إلى ما سمى باسـم عـصر النهـضة الحديثة فى البلاد الغربية، من جهة ثانية. فى كتب أقليدس نفسه، تمثيلا لا حصرا، مسائل تؤول إلـى حلـول هندسية لمعادلات الدرجة الثانية. فمن ذلك عملية قسمة مستقيم إلى جزأين بحيث تكـون مـساحة المـستطيل المكون من المستقيم وأحد الجزأين مساوية للمربع المنشأ على الجزء الآخر. ولعل أول حل تحليلـى لمعادلـة الدرجة الثانية يقدر الباحث أن يجزم به يرجع إلى أيرن الذى عاش فى الإسكندرية بعد ميلاد المـسيح بقليـل، ففى أحد مؤلفات أيرن المسمى باسم "متريكا"، يكشف الباحث عن نص على أنه إذا علم مجموع جزئى مستقيم وحاصل ضربهما علم كل من الجزأين. ففى مؤلفات بخراطيس فى القرن الخامس قبل الميلاد نجد محـاولات لتربيع الدائرة تؤول إلى حل المعادلة[1] الآتية :

$$س^2 + \sqrt{\frac{2}{3}}\ أ\ س = أ^2$$

إلا أن أيرن لا يكتفى بالتدليل الهندسى فى حل هذه المسألة –إذا علم مجموع جزئـى مـستقيم وحاصـل ضربهما علم كل من الجزأين– كما بحث أقليدس بل أورد المثال العددى الآتى :

$$144\ س\ (14 - س) = 6720$$

من دون أن يضع ذلك على صورة معادلة. ثم يعقب أيرن على ذلك قائلا إن الحل التقريبى هو

$س = 8\frac{1}{2}$

مما دل على استخدام طريقة تحليلية لحل المسألة. **وفى كتاب آخر فى الهندسة، ينسب إلى أيرن، يكشف** الباحث الحديث عن انفصال المسألة التحليلية عن الفكرة الهندسية [٢].

ولقد بحث ديوفنطس-الذى عاش فى الإسكندرية فى القرن الثالث الميلادى-فى كتابه السادس من الحساب فى مسائل المثلثات القائمة القياسية (أى التى أطوال أو باقى أضلاعها أعداد قياسية) المعلوم فى مجموع المساحة وأحد ضلعى القائمة أو باقى طرحهما أو المعلوم فيها مجموع المساحة وضلعين (أو ضلع ووتر). وظهرت أمثال هذه المسائل فى مؤلف جبرى لأبى كامل شجاع بن أسلم أحد مؤلفى العرب فى القرن العاشر الميلادى. وعرف ديوفنطس الحل التحليلى لمعادلات الدرجة الثانية ذات المعاملات الموجبة ولو أنه لم يدرس أنواع تلك المعادلات بطريقة منظمة كما بحث الخوارزمي، وإذ جاءت كلها كنتائج لمسائل من نوع آخر. وحل ديوفنطس المعادلات التى من النوع :

أ س^{٢} = ب س^{ن} وليس : أ س^{م} = ب س^{ن} ، كما ورد لدى تقديم على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد لكتاب الجبر والمقابلة عام ١٩٦٨ .

و أورد أنه ينوى تخصيص مؤلف مستقل لبحث معادلات الدرجة الثانية. ولأهمية عصر ديوفنطس فى تطور الحل التحليلى لمعادلات الدرجة الثانية نذكر مسألتين من المسائل التى عالجها ديوفنطس.

- تنص المسألة الأولى على أن : "المطلوب إيجاد المثلث القائم الذى مجموع مساحته وطول أحد ضلعى القائمة فيه معلوم"، إذا فرضنا أن العدد المعلوم هو٧ والمثلث(٣ س،٤ س، ٥ س)، فإن ٦س^{٢} +٣س = ٧
- تنص المسألة الثانية **على أن** : " المطلوب أيجاد ثلاثة أعداد إذا علمت نسبة الفرق بين الأكبر منها والمتوسط إلى **الفرق بين المتوسط** والأصغر، وعلم أيضا أن مجموع أى عددين مربع كامل" ويؤدى به البحث فى حل هذه المسألة إلى المتباينة :٢ م^{٢} > ٦ م + ١٨

حيث م عدد صحيح. ومنها يصل إلى أن م ليست أقل من ٥ . وتدل طريقة حل ديوفنطس لهذه المتباينة على معرفته للطريقة التحليلية لحل المعادلة المناظرة: ٢ س^{٢} = ٦س + ١٨

و لقد ظهرت شروح عدة على أعمال ديوفنطس، قبل عمل رشدى راشد. ولعل أهمها من وجهة النظر الحديثة ما كتبته هباسيا ابنة ثيون الإسكندرى فى أواخر القرن الرابع أو أوائل القرن الخامس الميلادى، ومع أن كتاباتها كلها فقدت. ويعتقد البعض أن الانتقال من الوضع الهندسى إلى الوضع التحليلى لحل معادلات الدرجة الثانية وقع فى الفترة بين عصر أقليدس وعصر ديوفنطس.

فظهور جداول المربعات والمكعبات فى بابل، والمتواليات الهندسية وقوى الأعداد فى مصر، ونظرية فيثاغورس فى الهند والصين، والحل الهندسي لمعادلات الدرجة الثانية قبل زمن أقليدس فى اليونان، كل ذلك يعتبر تطورا إلى نشوء علم الجبر بمعناه الحديث المعروف. ودل ذلك على أن نشوء هذا العلم لم يكن تمرينا عقليا بل كان نتيجة للعمل المتراكم بمسائل الهندسة وخواص الأعداد.

من هنا قامت بحوث رشدى راشد على الشك فى بعض "الأساطير الابستمولوجية" الأساسية فى تاريخ العلوم، ومن بينها أسطورة الانتماء الغربى للعلوم من دون كراهية العقل الغربى ومن دون الشك المذهبى الذى يوصل إلى اللاحقيقة، إنما قامت منهجية رشدى راشد على نسبنه تاريخ العلوم الغربية ضمن علاقة محددة بالرياضيات العربية وفلسفتها. من هنا فهو لا يقدم نقدا محضا للعقل الغربى كما قد يتصور بعضهم إنما هو قدم عملا لمنح الحق الطبيعى للرياضيات العربية وفلسفتها فى تاريخ العلوم وفسلفتها.

لم يعد بالإمكان الشك فى أن العلم الغربى لم يبدأ من الصفر. لكن الحس المشترك فى الغرب والفهم السائد عند بعض الباحثين العرب أنفسهم قد عجزا عن إدراك المنجز العلمى العربي. لذا ينزع رشدى راشد نزوعا نحو الشك فى ما أمكنه أن يسميه أيديولوجيا الانتماء الغربى للعلوم. وهو من هنا يقيم معرفته المغايرة على أساس من المعرفة السلبية–الجدل بوصفه لحظة قاطعة فى قراءة تاريخ العلوم من جديد. إنها محاولة لرج هذه الأيديولوجيا. يتلوها زوال نسبى للشك. ثم تعقبها عودة إلى تاريخ آخر للعلوم. فى ضوء هذا الفهم، ندرك أن تاريخ الرياضيات وفلسفتها عند رشدى راشد ليس عبارة عن عرضا للآراء. وهو ليس عرضا لتفككها أو بعثرتها أو فوضويتها إنما هو تاريخ بنيوى *HISTOIRE STRUCTURALE* للرياضيات العربية وفلسفتها.

وعلى حين قامت منهجية رشدى راشد على إقامة العلاقة بوجه مطلق، قامت أيديولوجيا الانتماء الغربى للعلوم منذ القرن التاسع عشر على الفصل. كانت هناك مجموعة من الأوليات فى الدراسات التاريخية وطائفة من التصورات التاريخية المحددة وتوجيه غائى فى مناهج التأريخ. بعبارة أخرى، قالت أيديولوجيا الانتماء الغربى للعلوم بأن العلم نشأ وتطور فى غرب أوروبا وأمريكا والحضارة اليونانية والهلينستية والرومانية واللاتينية وفروع الحضارة اللاتينية وبأن التجديد العلمى الأول (العلم الكلاسيكي) قام فى ما سمى باسم "عصر النهضة" بعد العصور الوسطى.

كانت أطروحة الحضارة اليونانية تقول بأن العالم ينقسم إلى قسمين متميزين. وكان "التجديد العلمي" فى القرن السابع عشر وبدايات "العلم الجديد" تحمل البعد الفلكى فى المقام الأول. هل لم يتغير أى شيء قبل القرن السادس عشر الميلادى وبدايات القرن السابع عشر الميلادي؟ ذلك كان السؤال الأساس.

إن القول بأن العلم الكلاسيكى هو فى جوهره أوروبى **وبأنه بالإمكان أن نؤصله فى التراث اليونانى القديم**، هذا القول لم يلحقه تغيير يذكر خلال القرنين الأخيرين، **مع كل ما شهدناه من تجديدات. فقد قبل الفلاسفة من** دون استثناء – أو كادوا – هذا القول وأخذوا به كأساس **لتعريف العقل الكلاسيكى نفسه. هكذا نرى عمانوئيل** كانط *EMMANUEL KANT (1724-1804)* وأوجست كونت *(AUGUSTE COMTE) (1798-1857)*، والكانطيين الجدد والوضعيين الجدد ، كما شاهدنا من قبل جيورج فيلهيلم فريدريش هيجل *(GEORG WILHELM FRIEDRICH HEGEL) (1770-1831)* ومن بعده إدموند هوسرل *(EDMUND HUSSERL) (1859-1938)*، والماركسيين ، شاهدنا هؤلاء جميعا يعتمدون هذه الفكرة أساسًا يقيمون عليه تفسيرهم للحداثة الكلاسيكية الغربية.

لكن المدرسة السائدة فى تاريخ العلوم اتجهت نحو إغفال دور مدرسة مراغة فى علم الفلك، عند مؤيد الدين العرضي، ونصير الدين الطوسي، قطب الدين الشيرازي، ابن الشاطر الدمشقي. كان القول بالشمس فى مركز الكون، فى العصر الحديث، تجديدا.

III- تغير صورة العلم

نهضت مبادئ نقولا كوبرنيكوس (١٤٧٦-١٥٤٣) فى كتابه "دوران الأفلاك السماوية" *De Revolutionibus Orbium Coelestium (1543)* وي. كبلر (١٥٧١-١٦٣٠) من خلال تأسيسه "للمناظر الحديثة"، وتشكيله للفلك ، الفيزياء، وأطروحة "مركزية الشمس"، فى أعماله المعروفة "الغيب الكوني" (١٥٩٦) و"الفلك الجديد" (١٦٠٩) و"نظام العالم" (١٦١٩) وأسهمت فى "تجديد" مبادئ علم الفلك التقليدى وصياغة الفلك كعلم رياضى وتجريبي. **وتوسل العلم العربى** الحديث بالمنهج العقلي، الفلسفي، القبلي، بوصفه المنهج القائد إلى التأسيس الفيزيائى **لمركزية الشمس**. بعبارة أخرى، أقام نقولا كوبرنيكوس أن مركزية الشمس هى الفكرة الشرعية الوحيدة على مستوى علم الهيئة. وعدل جزءا من المبادئ الكونية التقليدية تعديلا قبلياً. وبيَّن، فى علم الهيئة الجديدة، إمكان مركزية الشمس. فمركزية الشمس هى الفكرة الوحيدة التى تطابق خواص العالم الأساسية، أى تطابق خاصتى الانسجام والتوازن.

تحول الفلك. وبدأ العلم "الجديد" على أساس من مبادئ كوبرنيكوس : حركات الكواكب وفكرة مركزية الشمس التى فرضت نفسها عام ١٥٤٣ فى كتاب "دوران الأفلاك السماوية" ***De Revolutionibus Orbium*** *Coelestium (1543)*. ***لكنها لم تكن فكرة جديدة تمام الجدة.*** انقسم عمل نقولا كوبرنيكوس إلى ست كتب، وعدا الكتاب الأول، كل العمل على درجة عالية من التقنية. وكان محصلة حياته العلمية كلها، وكان تلميذه

ريتكوس *Rheticus* قد أعلن عن قرب صدور العمل العملاق قبل الصدور بنحو ثلاث سنوات، فى المختــصر *NARRTIO PRIMA*، فأدخل أفكار كوبرنيكوس عالم المثقفين.

كان المقصود عند نقولا كوبرنيكوس هو بيان أن النظرية الجديدة أفضل من النظرية القديمة فــى الــسياق التفصيلى لكل جسم سماوى على حدة، وأن النظرية الجديدة تقدم أساسا أفــضل لحــساب أحجــام الحركــات الكوكبية. وفى العام ١٥٥١ نشر عالم الفلك الألمانى راينهولد *RHEINHOLD* "جداول" فى ضــوء دراســات كوبرنيكوس. وقد حلت الجداول محل جداول آلفونسين القادمة من العصر الوسيط. مع ذلك كان عــالم الفلــك الألمانى راينهولد *RHEINHOLD* من نقاد كوبرنيكوس، وممن كانوا يقولون بمركزية الأرض القديمة. غيــر أن راينهولد من خير الأمثلة الدالة على أساليب ذلك العصر.

أ- علم الهيئة عند بطلميوس

كان بطلميوس فى القرن الثانى الميلادى يقول بفكرة مركزية الأرض، وقد كانت فكرته محــصلة أعمــال الفلكيين اليونان القدماء فى تعليل حركات الأجسام السماوية. ومن قبله، كان أودوكــس فــى القــرن الرابــع الميلادى يقول بنظام الأجسام السماوية ذات المركز الواحد، وهو التصور الذى اقتبــسه آرســطو بعــد ذلــك التاريخ. وكان هراقليطس دو بون يقول بدوران أرضى حول الأرض لتعليل حركات النجوم الثابتــة. وقــال آريستارك دو ساموز بأطروحة أودوكس وأضاف إليها فكرة مركزية الشمس والثورة الكوكبية حول الــشمس فى السنة الواحدة. أما إبرخس، فى القرن الثانى الميلادي، فقد أضاف حــساب المثلثــات لحــساب الأجــسام السماوية.

و استوعب بطلميوس كل تلك النظريات. وأعاد صياغة نظام الحركات السماوية بلغة رياضــية. وكانــت فكرة بطلميوسأن الأرض مركز الكون، واستعاد بطلميوس[٣] مبدأ أفلاطون، وقال بالحركات الدائرية الموحدة للأجسام السماوية، وبإمكانية التنبؤ بواسطة الحساب ، وإن كان ذلك صــعبا نتيجــة اضــطرابات الأجــسام السماوية. وحدد بعض الإجراءات حول : ١) دوائر خارجة المركز أو *Excentriques*؛ ٢) أفــلاك التــدوير وهى دوائر مركزها ينتقل على دوائر مركزها خارج عن مركز الأرض أو *Epicycles*. إذن الــدوائر التــى مركزها خارج عن مركز الأرض أو *Excentriques* هى الدوائر الحاملة *DEFERANT* دوائر مركزها ينتقل على الدوائر التى يتحرك مركزها خارج عن مركز الأرض؛ ٣) أما دوائر *EQUANTS*، فهى دوائر تعــديل المسير، وهى الدوائر التى يتحرك عليها مركز الحامل بحيث تكون حركة الكواكب مطابقة للأرصاد. وهــذه الدوائر الثلاث هى أساس حركات الدوائر السماوية كافة. كان تعليل الحركة السنوية للشمس يفترض وصــف الدائرة المائلة بنسبة ٢٣،٥ درجة عن فلك البروج. وأدى اختلاف المواسم إلى وضع مركز هذه الــدائرة فــى

موضع نقطة تبعد عن مركز الأرض. وهذه هى إحدى الدوائر التى مركزها خارج عـن مركـز الأرض أو *Excentriques*. وتبين ملاحظة فينوس تغيرات فى اللمعان، إذن لا يبقى فينوس علـى مـسافة ثابتـة مـن الأرض، كما يتحرك الزهرة تحركا إلى الخلف. ولتعليل ذلك يفترض بطلميوس أن الزهرة يتحرك من الشرق إلـى الغرب فى شكل دائرة مركزها ينتقل على دوائر خارجة المركـز منحـرف عـن مركـز الأرض أو *Epicycle*، وحيث ينتقل مركزها فى الوقت نفسه على حامل *DEFERANT* مركزه ٠ خـارج عـن مركـز الأرض. ويدور فلك التدوير *Epicycle* حول الفلك الحامل *DEFERANT* فى سنة واحدة. ويقع فلك التـدوير *Epicycle* دوما على الخط الواصل بين الأرض والشمس. وحركة فينوس على فلك التدوير *Epicycle* هـى ٢٢٢، وبالنسبة إلينا، مسألة الأيام، لكى تدور فينوس حول الشمس، بحيث لا يُبين الإجراء أن أياً من النقطتين *T* أو *O*. فالحركة التى يرسمها الكوكب فينوس ستكون موحدة.

و قد كان هذا الرسم نوعاً من الفضيحة، إذا جاز التعبير، بالنسبة إلى علماء الفلك القدماء. وقد يبدو أن هذا البناء ينفى ذلك المبدأ الذى استعملناه لكى نصل إليه. يلجأ بطلميوس لمبدأ مركز معدل المـسير *EQUANTS*، أى إلى تلك النقطة التى يرى من خلالها الملاحظ للكوكب وهو ينتقل بسرعة زاوية ثابتة، وحتى إذا كان المبدأ وهميا، فإننا نعيد التوافق بين البناء ومبدأ أفلاطون، ونمنحه نوعا من الشرعية الوجودية. ويكون معنا بفـضل مركز معدل المسير *OO* *OT = EQUANTS*. وبالنسبة للكواكب العليا، مثل كوكـب المـريخ، والمـشتري، وزُحل، يلجأ بطلميوس إلى المبدأ نفسه، وإن كانت فترة دوران فلك التدوير *Epicycle* تستغرق عاما واحـدا. أما الحامل *DEFERANT* فإن مركز فلك التدوير لكل كوكب يقطعه على حدة فى وقت يعـدل دورة كوكبيـة *SIDERALE*. وتبقى تقنية نقطة معدل المسير ضرورية.

و ظلت هذه الهيئة معتمدة – حتى القرن السادس عشر الميلادى والقرن السابع عشر المـيلادي– بـالرغم من التصويبات التى أدخلها علماء الفلك العرب حتى ابن الشاطر الذى كانت هيئته للأفلاك على ما يبدو بـين يدى نقولا كوبرنيكوس. يشير علم العدد وعلم البصريات إلى كيفية انتقال العلم الهيلينيستى إلـى ورثتـه مـن علماء المسلمين، عدا تعديل ورثة العلم الهيلينيستى من علماء المسلمين للعلم الهيلينيستى وتطويرهم، العميقين، له. ولقد كان الاتجاه النقدى الذى تميز به علماء اللغة – أو بالأحرى ما توافر لديهم من حرية عند دراسـتهم هذا التراث – هو ما أهمله المؤرخون كافة فى تصورهم للعصر الوسيط. اعتقدوا أن العصر الوسـيط كـان يخلو من التجديد ويعوزه.

مع أن العلوم الدقيقة كلها اتجهت اتجاها نقدياً بارزا. ففى علم الفلك ، كما فى علم البصريات ، لعب ابـن الهيثم دورا رئيسا ، وذلك بما أصلحه فى حقل البصريات عند ربطه بين العلوم الفيزيائية والعلوم الرياضية ،

فضلا عن أنه لم يقتصر على الدراسة الهندسية لانتشار الضوء والإبصار ، وهذا المشروع يماثل المشروع الذى صاغه فى علم الفلك. فقد رفض ابن الهيثم المنهج الشهير – الذى عبر عنه العلماء اليونان تعبيراً كاملاً فى صيغة " إنقاذ الظواهر" *SALVARE PHENOMENA*– وهو المنهج الذى يستند إلى النموذج الرياضى من دون المحتوى الفيزيائيْ. وقد كان النقد الذى وجهه ابن الهيثم لنظريات بطلميوس معروفا من المغرب إلى المشرق ، أى من الأندلس إلى مراغة ودمشق. إن علماء الفلك المشرقيين ، كتقى الدين العرضى (ت ١٢٦٦) والطوسى (ت ١٢٤٧) والشيرازى (ت ١٣١١) وكذلك ابن الشاطر (ت ١٣٧٥) ، وقد وضعوا نماذج لحركة الكواكب تخالف النماذج البطلمية. كان ابن الشاطر يعمل كفلكى فى المسجد الكبير بدمشق ، أى كموقت. واخترع نموذجا يتفق فى نواحٍ عدة مع النموذج الذى وضعه كوبرنيكوس بعد قرن ونصف من الزمان. وقد قال المؤرخ " نويل سويردلو " ، الذى نشر مؤلف كوبرنيكوس " *Commentarioturs* " : " من الممكن حقا أن نتساءل هل كان كوبرنيكوس قد فهم الخواص الأساسية للنموذج الذى وضعه بالنسبة لسير الجرم فى فلك التدوير ، وهو سؤال يرتبط ، بطبيعة الحال ، بسؤال مهم يتعلق بما إذا كان هذا النموذج من اختراعه الخاص أو أنه تلقاه بطريقة – لم يكشف عنها بعد فى الغرب – تخص وصفا لنظرية ابن الشاطر الفلكية. وأميل ، من جانبى ، إلى الأخذ بالرأى الثانى ، وذلك لا لأنى أعتقد بأن كوبرنيكوس لم يكن بمقدوره القيام بهذا التحليل لظاهرة سير الجرم فى فلك التدوير التى يحتوى عليها نموذج بطلميوس، وإنما يعود ذلك بالأحرى إلى ما بين النماذج الكوبرنيقية والنظرية الفلكية السابق ذكرها من اتفاق فى القمر وسير الجرم فى فلك التدوير وتغير محور مدار عطارد، وتكون حركة مستقيمة بواسطة حركتين دائريتين – وهو اتفاق يكشف عن قدر كبير من التشابه الملحوظ بحيث يصعب الإقرار بأن الأمر يتعلق باكتشاف مستقل ".

إن إسهام اللغة العربية فى تاريخ العلم ، كثيرا ما لا يعرف قدره ، وقد أسفر ذلك عن فراغ فى الكتب المدرسية فى تاريخ العلوم. وقد بسط البعض، على نحو يعوزه التوفيق ، قرر بوجود رد فعل تقليدى ضد العلم الهيلينيستى فى القرن الثانى عشر الميلادي. وتبعا لهذه الصورة اقتصر علماء العصر بالإبقاء على العلم الهيلينيستى كما هو. غير أنه من البين ، على العكس من ذلك ، أن كثافة البحوث العلمية فى الخلافة الإسلامية ، وما قامت عليه هذه البحوث من مناهج اتسمت بطابع مهم وابتكارى كان ضرورياً لفهم العلم الكلاسيكى ، ولا سيما لفهم علوم القرن السادس عشر الميلادى والسابع عشر الميلادى – إن هى إلا دلائل على أن اللغة العربية لم تمثل على الإطلاق عقبة فى سبيل تطوير المعارف التى ما كان لها أن تقوم فى ظل ظروف أخرى.

كانت فكرة العالم اليونانى القديم المنقسم إلى قسمين منفصلين متوافقة مع ملاحظة السماء. وسادت هذه الفكرة حتى ظهور الفلك العربي، ثم القرن الرابع عشر، حيث قام نقد مدرسة أكسفورد وباريس، وحتى عام

١٥٩٠، على وجه التقريب. أعادت مدرسة أكسفورد النظر فى مشكلات الحركة التى كان أرسطو قد نظر لها من منظور صيغ تحقيقها، وصنفت الحركة المنتظمة *UNIFORM* فى فئة السرعة، أى أنها تسارعها صار منتظمًا *UNIFORM ACCELERATION*، وبعبارة أخرى، صارت الحركة المستوية تُعَرَّفُ وفق معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن. وصاغت مدرسة أكسفورد تصور السرعة الحديث، وبلورت نظرية جديدة فى حركة القذائف *projectiles*. لكنها لم تمس بنية الهيئة بوجه عام. ولم تمس، إذن، أساس الفلسفة الطبيعية المستمدة من أرسطو. ترك القرن السادس عشر الهيئة الأرسطية من دون تعديل، وأعادت كلية اليسوعيين الرومانية اكتشاف الفلسفة الطبيعية المستمدة من أرسطو. وظلت فكرة مركزية الشمس، حتى آخر القرن السادس عشر، افتراضا بين فروض أخرى. كان لا بد من تعديل رؤية العالم نفسها، أى تعديل علمى الهيئة والفلك.

كان علم الهيئة اليونانية القديمة إطارا عاما للعلم اليوناني. لكنه أجمل، ولم يفصل العلاقات الجزئية والمتبادلة بين المواد *SUBSTANCES* التى تعيش وتتفاعل فى العالم السفلي. وليس هناك ما يمنع فى علم الهيئة اليونانية القديمة من الكلام على "الانسجام السابق"، كما ظهر بعد ذلك عند ليبنيتز فى القرن السابع عشر الميلادي. لذلك فقد توج علم اللاهوت الفلسفة الطبيعية المستمدة من أرسطو : نظرية المحرك الأول. وفى ضوء الجوهر، والنظام الطبيعي، بدت الحركات والتغيرات العنيفة واقعية، لا تقبل الاختزال، ومتوافقة مع النظام الطبيعى نفسه. لكن، لماذا يغيب الضبط عن العلاقات بين الجواهر التطبيقية فى العالم السفلي؟ لماذا ليس هناك من مبدأ يضبط العلاقات بين الجواهر ضبطا تفصيليا؟ هل تؤدى نظرية "الانجسام السابق ذلك؟

أمن علم الهيئة الأفكار الوجودية وكونها، كما أسس، فيزيائيا، للجسم الثقيل. ولم يكف علم الوجود *ON-LOGIE*، لأنه يجرد النظام من العالم الواقعى ومن الأجسام الملموسة. وعلم الهيئة الذى بناه أرسطو، والذى دام حتى ظهور العلم العربي، أى حتى القرن التاسع الميلادى على وجه التقريب، لم يكن ثمرة بحثه وحده. نشأت فكرة العالم المنسجمه *KOSMOS* فى ميليه فى القرن السادس الميلادي، وصاغها للمرة الأولى أناكسيماندر، ثم تحولت تحولات عدة قبل أن تبلغ أرسطو. قامت فكرة نظام العالم منذ اليونان القدماء على أن نظام العالم يحكمه نظام عام، ووحدة بين الأجزاء والعلاقات المتبادلة، وضبط محايث للصيرورة الزمنية، ونظام مكاني. ومن ثم صار نظام العالم بنية ثابتة لعالم منظم، وكلا منظما، وكلا متناهيا، تناظر فى دائرته الأطراف المركز، وتقف الأرض ثابتة فى مركز العالم. وأضاف أرسطو إلى هذا النظام الكوني، ستة اتجاهات محددة تحديداً مطلقاً، وهى اتجاهات ضرورية فى تحليل الحركة وهى : [illegible] ى أو طرف العالم وحده، الأسفل أو مركز العالم، الأيمن أو جانب شروق النجوم، الأيسر أو جانب غروب النجوم، الأمام أو المسافة المقطوعة من اليمين إلى اليسار، الخلف أو المسافة المقطوعة من اليسار إلى اليمين. وهى بنية منظمة تتمتع بأولية منطقية، وبأسبقية زمنية بالنسبة للأجسام المادية.

فصل العلم الحديث، أوليا، بين الواقع وبين الطبيعة. وسلم العلم الحديث بأن مجموع الكواكب، بما فى ذلك الأرض وما يدور فى فلكها، تدور حول الشمس. وقد كشف العلم الحديث عن نظام فلكي، لكن صار تـصور مركز الكون تصورا إشكاليا. تقع الأرض بين كوكبى فينوس ومارس، والقمر صار قريبا من الأرض ويدور فى مداره. إذن، تغير نظام الأجسام السماوية. تدور الأرض دورة سنوية حول الشمس، إنما المحـور ينحنـى عن هذا الدوران، ويتجه باتجاه القطب الشمسي، ويتأرجح محور الأرض وفق دورة واحدة كل ٢٦٠٠٠ سنة. والمسافة بين الكواكب والشمس تحدد الدوران حـول الـشمس. وعلـل العلـم الحـديث ظـواهر التقهقـر *RETROGRADATION* ، تعليلا جديدا. وكانت المسألة عند كوبرنيكوس: كيف يتكـون شـكل الكواكـب، وتتحرك الأرض، وتبقى الشمس فى المركز؟ ما شكل الكواكب الواقعي؟ ما حركات الأرض؟ ما معنى موقـع الشمس؟ كيف بالإمكان الربط بين ثبات الشمس وحركتها؟

صارت الكواكب تتحرك دائريا. إذن بقى المبدأ الأفلاطونى القديم، رغم التحول الجديد فى الفلـك. كانـت مركزية الأرض القديمة مرتبطة بسكون الأرض. لكنها كانت فكرة لا تقبل الصياغة المادية : كيف بالإمكـان صياغة أفلاك التداوير التى يدور مركزها فى محيط الدائرة الكبرى أو *EPICYCLES* أو خروج جسم ما عن مداره؟ كانت المسارات الكوكبية تخلو من المدلول الفيزيائي٤ . كانت الهيئات نماذج وصفية فقـط لحركـات الكراكب بحيث تطابق نتائج الأرصاد. غير أن النظرية الفيزيائية *la théorie physique* تدرس جوهر السماء دراسة تجريبية وبرهانية فى آن معا. قد يخترع عالم الفلك القديم النظام السماوي، لكنه لا يقـدر أن يبـرهن عليه، ولا يقدر أن يلاحظ العلل، ويتخيل أنه يحلل أنماط الوجود لإنقاذ الظواهر. كانت النجـوم تخـرج عـن مراكزها بالنسبة للأرض، وتدور دورات معينة مقسمة على مراحل. وكانت مهام عالم الفيزياء (البحـث فـى العلل) منفصلة عن مهام الفلكي، وعن مهام الفيلسوف. واختلفت مهمة الفلكى عند كوبرنيكوس كما وصـفها[٥] وكان علم الفلك اليونانى تشوبه الشوائب[٦]مثل : الافتعال، غيبة الأفق الشامل والوحدة، تناول كل جسم سماوى على حدة، من دون ربطه بالأجسام الأخرى. وبالتالي، فالتحليل الكلى كان مستحيلا. لـم يعلـل علـم الفلـك اليونانى الموضوع التام والمحدد تماما. على حين كان نقولا كوبرنيكوس يريد أن يوفق بـين علـم النجـوم *ASTRONOMIE* وبين علم الهيئة *COSMOLOGIE*، لكى يقيم الانسجام فى تصور "العالم". ووحـد نقـولا كوبرنيكوس كذلك بين مهام الفلكى ومهام الفيلسوف. درس الفلكى حركات دوائر العالم. ومـن جهـة كونـه يدرس العالم، فعالم النجوم كان هو نفسه عالم الكون. وارتبطت حركات النجوم بـدوران الأرض. لأن "إنقـاذ الظواهر" "*SALVARE PHENOMENA*" وحده لا يكفي. المقصود هو بيان أن مبادئ علم النجـوم الجديـد مبادئ "يقينية". وهو مشروع فلسفى أصيل. وثار السؤال: ما السبيل إلى المبادئ اليقينية فى علم النجوم ؟

ب- نظرية كوبرنيكوس

بدت فكرة مركزية الشمس عند نقولا كوبرنيكوس فكرة مشروعة فى علم الكون أو علم الهيئة، لأنها تخلو من أى استحالة فيزيائية، وتقضى بالتمثيل الحقيقى لنظام العالم. إذن كانت أولى مهام كوبرنيكوس هى إعادة بناء علم الهيئة. وانتقل من العالم المغلق اليونانى المتناهى القديم إلى العالم اللامتناهي. ولم يقبل سوى الحركة الدائرية. وانفصلت الحركة الطبيعية عن نظام العالم. وصارت الحركة الطبيعية الدائرية كروية[٧]. وصار الطابع الكروى خاصية أجسام الكون كله. لكن الاتجاه الطبيعى ظل قديما، وظلت دائرية الأجسام فكرة أرسطية[٨].

ارتبط تصور الثقل "بالجوهر الأصلي" وتوافق ذلك مع الاتجاه الطبيعى نحو أسفل، نحو مركز الكون، الأرض. أما عند نقولا كوبرنيكوس فقد تغير كل ذلك، وانفصل الثقل عن نظام الكون، وتمت مقاربته بشكل منفصل عن الأجسام التى تشكل العالم. تخلى نقولا كوبرنيكوس إذن عن بنية العالم. وربط الثقل بالأجسام السماوية. وهو تخلٍ منطقى وتجريبى فى آن واحد. وفصل نقولا كوبرنيكوس سؤال مركز العالم عن سؤال مركز ثقل الأرض. وافترض جيوردانو برونو مراكز عدة للعالم لا مركزا واحدا، وبالتالى ارتبط الثقل "بالاتجاه الطبيعي"، الذى انتمى إلى الأجسام كلها : الأرض، الشمس، القمر. وتضمن هذا الافتراض الأجسام السماوية كلها، ومن ثم تضمن هذا الافتراض التخلى عن ثنائية العالم اليونانى القديم. كما تضمن هذا الافتراض، أخيرا، توحيد أجسام العالم كله فى مبدأ واحد. لكن تضمن هذا الافتراض بقاء "نظرية المدارات" القديمة. مع ذلك تضمن هذا الافتراض التأسيس الفيزيائى لمركزية الشمس.

ونتج عن ذلك عند نقولا كوبرنيكوس مجموعة من التحديدات :

تحديد موقع الشمس. كان موقع الأرض الدقيق منذ اليونان محددا من جهتين : أقصى حد فى بعد القمر أو الشمس عن الأرض أو أوج *APOGEE* وأقرب نقطة إلى الأرض من فلك القمر الحضيض *PERIGEE*. فى العصر الحديث، تغير الوضع.

تحديد الحركات الأرضية. ارتبطت الحركات الكوكبية بمدار الأرض، وكما عند اليونان، سلم كوبرنيكوس بوجود فلك التدوير (دائرة مركزها فى محيط دائرة كبيرة)؛

تحديد حركات الأرض. صار هناك ثلاث حركات أرضية، والتحقت الأرض بمدارها. وإحدى هذه الحركات الرئيسية هى الحركة السنوية التى بها مركز الدوران[٩] .

كان التراث العلمى القديم يقول إن النظرية الفيزيائية -دراسة جوهر السماء والنجوم- وعلم الفلك -دراسة نظام الأجسام السماوية- يبرهنان على نظام الكون. وكان الفلكى لا يدرس "جوهر" السماء والنجوم، إنما كــان يصوغ الفروض. وأما المنهج الحديث فقد كان التأسيس الفيزيائى لنظرية مركزية الــشمس، وإقامــة تــصور العالم اللامتناهي، والعالم المنفصل عن الحركة، والأثقال المستقلة عن الأجسام، والمرتبطة بالأجسام السماوية. فتم القضاء على علم الهيئة الفلسفى اليونانى القديم.

IV- الموقع اليونانى

و أقام فرانسيس بيكون *(F. BACON)* (١٥٦١-١٦٢٦) ورنيه ديكـــارت *(R. DESCARTES)* (١٥٩٦-١٦٥٠) وجاليليو *(GALILEE)* (١٥٦٤-١٦٤٢)، كما أسلفنا من قبل، البرهان على فلسفة اليونان وعلمهــم. والخبرة التى أسس عليها جاليليو علمه إنما كانت خبرة خيالية أو خبرة فكرية كما سبق أن عبر ماخ. ومــنح جاليليو الفيزياء تصورا رياضيا صار بدوره تكوينيا فى العلم. وذلك كان الفرق بين الفيزياء والعلوم الأخرى. ولم تلعب الرياضيات فى فيزياء جاليليو دورا وصفيا إنما لعبت دور الوصف الفعلــى للمعـــارف الفيزيائيــة، تحديدا. وكان مبدأ البساطة هو مبدأ وحدة الخبرات من طريق الفكر الرياضي. الطبيعة بــسيطة. ذلــك كــان أساس الوحدة بين الطبيعة والعقل الإنساني. من هنا نهض تفسير جاليليو على الاستدلال العقلــى البــسيط أو التفسير فى لغة رياضية بسيطة.

كذلك بين جاليليو أن مركزية الشمس هى المركزية الوحيدة الممكنة بالنسبة للخيار المحدد عقليــا. وغيــر الهيئة القديمة من خلال دحض إحدى نتائجها، وبواسطة الملاحظة. وأعاد صياغة الهيئة وبين، قبليا، احتمــال صحة مركزية الشمس والأرض معا. ثم أقام الحجة منهجيا على أولية مركزية الشمس، بوصفها نظرية علمية لا تقبل الاستحالة الفيزيائية، ولأن المبادئ التى تقوم عليها لا تقارن بمركزية الأرض، بل إن مركزية الأرض تتعارض مع نتائج الأرصاد: اكتشف جاليليو أربعة أقمار للمشترى تدور بشكل ظاهر حوله لا حول الــشمس، وهى : إيو كاليبسو أوروبا وغانيماد.

قلنا إذن إن فرانسيس بيكـــون*(1561-1626) (F. BACON)*و رنيـــه ديكـــارت-*1596) R. DESCARTES* *1650)* وجاليليو *(1564-1642) (GALILEE)* برهنوا على فلسفة اليونان وعلمهم. والجميـــع تـــصوّر ذلـــك الرجوع إلى العلم والفلسفة اليونانيين كنموذج إرشادى مطلق، كمـــا يشهـــد علـــى ذلـــك لجـــــوء ليـــــون برانشفيك *(1869-1944) (Léon BRUNSCHVIG)* وآلكـــسندر كويريـــه *-1892) (Alexandre. KOYRE)* *1964)* ، فى تعريفهما المجازى للعلم الأوروبى الكلاسيكى ، بوصفه علما أفلاطونيا أو أرشميديا. تلـــك هـــى "الظاهرة الأصلية"، أى العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليوناني.

أ- عودة إلى رشدى راشد والتصور الغربي

لكن كان من حق رشدى راشد أن يتوقع تغير موقع العلوم العربية عندما ولى بصره شطر تاريخ العلــوم نفسها برؤية لا تعتمد العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليوناني. بيد أنه شاهد مؤرخى العلوم يتّخذون تلك المصادرة بعينها -العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليوناني- كمنطلق للتأريخ للعلوم. كــان ذلــك هــو المنطلق، فى تــاريخ الفيزيــاء ، فــى تــاريخ بوجنــدورف *(POGGENDORFF)* وتــاريخ روزنبرجــر *(ROSENBERGER)* ، ودوهرنج *(DUHRING)* وجيرلند *(GERLAND)* من ناحية ، وتاريخ الفيزياء عنــد بيار دوهام *(P. DUHEM)* *(1861-1916)* من ناحية أخرى. كذلك كان ذلــك هــو المنطلــق فــى تــاريخ الرياضيات عند جول تانرى *(J. TANNERY)* *(1848-1910)* وتاريخ الرياضيات عند كــانتور *(CANTOR)* وتاريخ الرياضيات عند مجموعة نقولا بورباكى *(1939)* *BOURBAKI* فالمؤرخون ، سواء قطعوا بين العلــم الكلاسيكى والعصر الوسيط ، أو وصلوا بينهما ، أو لفقوا ، كأغلبهم ، فهم انطلقوا جميعا أو أغلبهم من العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليوناني.

مع أن العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليونانى لا تتوافق مــع إســهام ويبكــو *(WOEPCKE)*[١٠] وسوتر *(SUTER)*[١١] وفيدمان *(WIEDEMANN)* و لوكى *(LUCKEY)*[١٢] فى ميدان تاريخ العلم العربــي، و"معجم السير العلمية" الحديث. إذن تسود العودة الدورية الأوروبية إلى الأصــل اليونــانى وهــى أن العلــم الكلاسيكي، سواء فى حداثته أو فى أصوله التاريخية ، يبدو ، آخر الأمر ، كنتاج الإنــسانية الأوروبيــة دون سواها، فإنه يبدو كالميزة الأساسية لهذه الإنسانية. فالنشاط العلمى للإنسانية الأوروبية بشكل وحده ، دون سـ ، فى هذا التصوّر ، موضوع تاريخ العلوم.

وتظل الممارسة العلمية للحضارات الأخرى خارج التاريخ ، وإن أدرجت فى سياقه لم يتم لهــا ذلــك إلا بوصفها إسهامات للعلوم الأوروبية. ولا تعتبر هذه الإسهامات إلا مجرد لواحق فنية لهذه العلوم الأوروبية، لا تغير تشكيلها الفكرى العام أو الروح التى تميزها. فما العلم العربي، وفقًا لهذه الصورة، إلا متحــف للتــراث اليونانى، كما هو أو بعد أن أضيفت إليه بعض التجديدات الفنية إلى ورثته الشرعيين الأوروبيين. من هنا لــم يدخل النشاط العلمى الذى نشأ خارج أوروبا بصورة عضوية فى تاريخ العلوم ، بل ظل موضوع الاستشراق.

وساد ذلك التصور القرن التاسع عشر، كما أنه صار محور الحوار بين التجديد والتقليد. وكما كانت الحال فى القرن الثامن عشر فى أوروبا، يقترن العلم اليوم، "العلم الأوروبي"، بالحداثة، فى النــزاع بــين القــدماء والمحدثين فى بعض أقطار البحر الأبيض المتوسط والأقطار الآسيوية التى تجتاز مرحلة البحث عــن الــذات والزمن والتاريخ والهوية.

وليس مقصد رشدى راشد هى استعادة الحقوق المهضومة ، ولا المعارضة بين العلم الأوروبي والعلم الشرقي، إنما كل ما يرمى إليه هو البحث من جديد فى "تكوين" العلم الكلاسيكى الأوروبي. إن العلم غير الأوروبى الوحيد الذى يأخذه رشدى راشد بعين الاعتبار هو ذلك العلم الذى كان نتاج شعوب متنوعة ، وعلماء اختلفت عقائدهم وأديانهم ولكنهم ألفوا معظم أعمالهم العلمية ، إن لم يكن جميعها باللغة العربية. ويحيل رشدى راشد فى أغلب الأحيان إلى منهجيات المؤرخين الفرنسيين.

ويرد تصور العلم الأوروبى فى أعمال مؤرخى القرن الثامن عشر الميلادى وفلاسفته. فهو وسيلة لتعريف الحداثة فى سياق جدال أيديولوجى امتدّ طوال القرن الثامن عشر الميلادي، فهو يمثل عاملاً بنائيًا لسرد تاريخى نقدي. ففى الجدال المتعلق بـ "القدماء والمحدثين" أشار الدارسون ، فى تعريفهم للحداثة ، إلى ذلك العلم الذى جمع فيه بين الاستدلال بالقياس والتجربة. فهكذا نرى بليز بسكال *(B. PASCAL)* فى مقدمة "المقالة فى الخلاء" ، ثم إلى حدّ ما ، نقولا مالبرانش *(N. MALEBRANCHE)* فى "البحث عن الحقيقة"، يحاولان ، منذ بداية القرن السابع عشر ، بيان تفوّق المحدثين.

و كان هم المحدثين هو تحديد التحديدات العينية لذلك النقاش الأيديولوجي، بحيث يبدو تفوقهم أمرًا نهائيا. وقد كان ذلك أحد الأسباب التى دعت إلى تحويل تاريخ العلوم إلى فن مستقل، فى القرن الثامن عشر. ولكن كان الغرب قد صار فى هذه اللحظة أوروبا. وعارضت "الحكمة المشرقية" ، الفلسفة الطبيعية الغربية فى أفق إسحق نيوتن *(I. NEWTON)*، كما يظهر ذلك فى "الرسائل الفارسية" للبارون دو شارل دو سوجوندا مونتسكيو *(MONTESQUIEU (1689-1755)*.

و كان لتصور العلم الغربى دور فى صياغة تصور لتاريخ العقل الإنساني. كذلك ظهر تصور العلم الغربى لتحديد مرحلة من مراحل الحركة المتدرجة للعقل الإنساني، هذه الحركة التى كان يحكمها فى الوقت نفسه ، ترتيب تراكمى وخلاص متصل من الأخطاء الموروثة. فعندما يذكر كوندورسيه[١٣] *(CONDORCET)* أسماء بيكون وجاليلو وديكارت لتعيين الحداثة إنما يذكر تلك الأسماء للإشارة إلى الانتقال من "الحقبة الثامنة" إلى "الحقبة التاسعة" فى "الجدول التاريخي" لتطور التنوير الغير المحدود. من هنا لم يعد العلم الكلاسيكى أوروبيًا ولم يعد العلم الكلاسيكى علما غربيًا إلا كمرحلة من مراحل التعاقب التاريخى الطويل الأمد. ومن العبث، عند فونتنيل ودالمبار وكندورسيه، قراءة أصول العلم الكلاسيكى فى الفلسفة والعلم اليونانيين وحسب، إذ إن وصف العلم الكلاسيكى بأنه أوروبى لا يعنى عندهم أى معنى "أنثروبولوجى" ، وإنما يعبّر عن حقيقة التاريخ التجريبى للعلوم.

وعرض الابى بوسّو *(Abbé BOSSUT)* الجدول التاريخى لتقدّم العلوم الدقيقة ؛ ويقسم هذا الجدول إلى ثلاث فترات. وينطلق الابى بوسو من أن شعوب العالم القديم مارست الرياضيات. ومن برز فى هذا الجنس

من العلوم هم، على التوالي، الكلدانيون والمصريون ، والصينيون ، والهنود ، واليونان ، والرومان والعــرب وغيرهم. أما فى العصور الحديثة، فأمم أوروبا الغربية. فالعلم الكلاسيكى أوروبى وغربي. لكن التقدم الــذى أحرزته أمم غربى أوروبا فى مجال العلوم منذ القرن السادس عشر الميلادى إلى اليوم يفــوق مـــا أحرزتـــه الشعوب الكلدانية والمصرية ، والصينية، والهندية، واليونانية ، والرومانية والعربية.

وهكذا صيغ تصور العلم الغربى فى القرن الثامن عشر الميلادي. فقد حلم كبار رسل التنوير(١٤) بتحقيــق المجتمع الأمثل للجنس البشرى من طريق نشر العقل والعلم بين الناس، وحلموا بالتأسيس لتأثير هذا الانتــشار ألف سنة من الحكم الصالح. ومنذ بداية العصر أخذ يرتفع نشيد متزايد فى تعظيم التقدم(١٥) فى التعلــيم. وقــد وضع كل من لوك وهيلفيسيوس وبانثام أسس هذا الحلم. وساد الاعتقاد بأن الجنس البــشرى يقــدر أن يبلــغ الكمال. ولم تبق هنالك حدود للتطور البشرى لا تقبل التخطى مادام الإنسان يقدر الإنسان تهديم ما فى الماضى من أخطاء.

ومن الصعب التحقق من مقدار حداثة ذلك الإيمان بالتقدم البشري. فاليونان والرومان كـــانوا يعتقــدون أن العصر الذهبى حدث فى الماضى. ثم انحط الإنسان بعده. وانتقل ذلك الاعتقاد إلى المسيحية والإســـلام. ولـــم تستطع ما سمى باسم "النهضة" الأوروبية الحديثة أن تتصور إمكان ارتفاع الإنسان ثانية إلى مستوى العصور القديمة المجيدة إذ أن جميع أفكارها تتجه صوب الماضي. ولم يجرؤ أحد على مثل هذا الطموح غير المحدود إلا بعد القرن التاسع الميلادي.

ويعود إلى فونتنيل(١٦) *BERNARD LE BOUVIER DE FONTENELLE (1657-1757)* الفضل الأكبر فى أنه غرس تدريجيا فى القرن الثامن عشر ذلك الإيمان بالتقدم. وعمم فونتنيل *FONTENELLE* العلم فـــى الإطار الذى حدده رنيه ديكارت، فى القرن السابع عشر الميلادي. وكان يأمــل أن تفــوق أوربـــا العــصور القديمة. فأوروبا الحديثة لا تختلف عن أفلاطون وهوميروس بل لها مستودع من الخبرة البــشرية المتراكمـــة أغنى مما كان لديها من قبل. يمثل المحدثون فى الحقيقة تقدم العالم فى السن، على حين يمثل القدماء فتوتـــه ، ويعرف عالم اليوم ما يزيد عما كان يعرفه عالم كان يعيش تحت حكم أوغسطس بمقــدار عــشرة أضـــعاف. فالتطور محتوم كنمو الشجرة. وليس هنالك ما يدعو لتوقـــع انقطـــاع ذلـــك التقـــدم. وقـــد كـــشف فونتنيـــل *FONTENELLE* عن نفسه فى قلب معركة فرنسا بين القدماء والمحدثين. وخلد سويفت *Swift* فـــى كتابـــه " معركة الكتب" صورة للصراع كما ظهرت فى المملكة المتحدة. فجميع العلماء من رُنيه ديكارت ومـــن جـــاء بعده احتقروا القدماء. ونجحوا فى توطيد دعائم الإيمان بالتقدم. وعندما حل منتصف القرن الثامن عشر حافظ العالم القديم على مكانته فى حيز الآداب وحدها. وعندما أهمل الذوق الكلاسيكى الرومانسية انحسر القدماء.

ورأى كوندورسيه رؤيا الجنس البشرى بكامله يتقدم حثيثا بفضل الثورة الفرنسية. وهو إذ ينظر إلى الماضى يجد ما فيه من النمو فى حقل المعرفة والتنوير، منبرا يقدر نفس الإنسان أن يندفع منه إلى المستقبل. وصارت صرخة كوندورسيه " لنسر قدما نحو المثل الأعلى ." فليس هنالك من حد لاكتمال القوى فى الإنسان. ومقدرة الإنسان على الكمال لاتتناهي. وتقدم هذا الاكتمال الذى أصبح مستقلا عن السلطات كافة لا حد له سوى حياة هذه الكرة التى وضعتنا الطبيعة عليها. لاشك فى أن هذا التقدم قادر على السير بسرعة قليلا أو كثيرا، لكنه لن يعود إلى الوراء. إن مبادئ الثورة الفرنسية هي، فى الوقت نفسه، إيمان القرن الثامن عشر بالعقل والحرية فى الاقتصاد والاجتماع والفكر. عند ذلك جرؤ المثقف على ربط جهوده باتصال القدر الإنسانى. فالبذور التى غرست فى القرون السابقة للقرن الثامن عشر أخذت تزهو فيه. إنه استخدام مآثر العصور السابقة لكى يخطو بالإنسانية إلى مرحلة أخرى.

ب- دور اللغة فى التأسيس للعنصرية فى تاريخ العلوم

تغير تصور العلم الغربى فى أوائل القرن التاسع عشر من جهتى طبيعته ومداه. واكتمل آنذاك ذلك التصور على يدّى ما سماه ادجار كينه (*EDGAR QUINET*) فى القرن التاسع عشر الميلادى "النهضة الشرقية" أو الاستشراق[١٧]. فالاستشراق أضفى على تصور العلم الغربى البعد "الأنثروبولوجى"، وألقت هذه "النهضة الشرقية" الشك على "العلم فى الشرق"، ولعب "التاريخ اللغوي" دور السند فى تأكيد هذا الشك.

و تداول ذلك التصور فى أثناء القرن الثامن عشر ، وبخاصة عند مؤرخى علم الهيئة ، إلا أن التصور الجديد فرض نفسه درجة. فمنذ أوائل القرن التاسع عشر أسهم الاستشراق ، بفضل المواد التى جمعها وبفضل تصوراته ، أكبر مساهمة فى صياغة الموضوعات التاريخية لمختلف الفلسفات. ففى ألمانيا وفرنسا ، وضع الفلاسفة كل ثقتهم فى الاستشراق ، وإن كانوا قد وضعوا تلك الثقة لدواع مختلفة، إلا أنهم اتفقوا على تصور واحد بعينه ، وهو أن الشرق والغرب لا يتعارضان بوصفهما وضعين جغرافيين ، بل كوضعيتين تاريخيتين. وذلك التعارض لا يقتصر على فترة تاريخية معينة ، بل مرده إلى "جوهر" كل من الطرفين. هكذا ذهب هيجل وجوزف دى ماستر (*JOSEPH DE MAISTRE*). وفى تلك الفترة نفسها ، ظهر "نداء الشرق" و"العودة إلى الشرق" ، كما شهد على ذلك دى ماستر وأتباع سان سيمون *SAINT-SIMON* من بعده ، وهى أفكار اقترنت برفض العلم والعقلانية فى آن واحد. ولكن اكتسب تصور العلم الغربى السند العلمى فى ضوء مدرسة فقه اللغة. كان البحث فى المعرفة مقروناً بالبحث فى اللغة.

فقد أعلن بروجمان *BRUGMANN* تمثيلاً لا حصراً، أنه لا يحق أن نعتبر اللغة الهندية – الأوروبية بداية مطلقة، يتعذر مسها ، ولا يخضع لقوانين اللغة ، بل هى لا تعدو أن تكون فترة من فترات التطور. وخلص بروكمان *BRUGMANN* إلى أن الهدف الرئيس أو مركز الاهتمام حتى ذلك الوقت فى علم اللغة المقارن أيًا

كانت مظاهره – عادة إنشاء الأصل المشترك للغات الهندية الأوروبية . فنجم عن ذلك أن الأنظـار اتجهـت باستمرار وفى كل تحقيق نحو هذه اللغة الأصلية . فكانت الفترات القديمة جدًا والتى هى اقرب ما يكون إلـى هذه اللغة الأصلية هى التى تثير الاهتمام الكامل تقريبًا سواء فى إطار الأبحاث المتصلة باللغات التى نعرفهـا عن طريق الوثائق الأدبية أم فى إطار التطور اللغوى للسنسكريتية والإيرانية واليونانية.

وأغفلت التطورات اللغوية الحديثة الفترات القديمة ونظرت إلى الفترات القديمـة نظـرة ازدراء وكأنهـا فترات من الانحطاط. ولابد لنا من أن نكون نظرة عامة لتطور الأشكال اللغوية ، لا من خلال رموز لغويـة افتراضية أصلية ، بل ولا من خلال اقدم الأشكال التى تحدرت إلينا من السنسكريتية واليونانية الخ بـل علـى أساس تطورات لغوية يمكننا أن نتتبع مقدماتها اعتمادًا على وثائق تمتد على فترة أطول من الـزمن وتكـون بدايتها معروفة لدينا معرفة مباشرة.

ويقول بروكمان*BRUGMANN* : "أتمنى على كل لغوى أن يجزم أمره ويمتنع عن استخدام تلك التعـابير الضارة مثل "شباب" اللغة أو "شيخوختها" التى لم ينجم عنها إلا الأذى فى أيامنا ، وقليل جدًا من الفائدة". مثـل هذه التصريحات الموجهة ضمنًا إلى شلايشر *Schleicher* خاصة هى بحق – بعد تصريحات شيرر *Scherer* – أشبه بشهادة ميلاد لعلم لغوى تاريخى أدرك ذاته إدراكا واعيًا . ولا ينبغى أن يغيب عن بالنا إننا وقتئذ فـى قمة انتصار التاريخ كمادة موجهة للتفكير فى القرن التاسع عشر ، وسرعان ما حول هرمان بول *Hermann Paul* هذا الكسب التاريخى إلى عقيدة ثابتة فوضع القواعد التالية : "إن الطريقة العلمية الوحيدة لدراسة اللغـة هى الطريقة التاريخية" ؛وان كل دراسة لغوية علمية لا تكون تاريخية فى أهدافها وأسلوبها ، يمكن تعليلها فقط بتقصير من الباحث ، أو حدود مصادره.

ووضعت أعمال فريدريش فـون اشـليجل (*FRIEDRICH VON SCHLEGEL*) وفرانـز بـوب (*F. BOPP*)، المؤرخ فى موضع جديد. صار موضوع بحثه يشكّل كلا لا يمكن رده إلى عناصره ، مـن جهـة طبيعة هذه العناصر ومن جهة وجودها. وهو الأمر الذى فرض طريقًا فى البحث. يقارن الباحث بين كليـات متماثلة من جهة بناها ومن جهة وظيفتها. فاشليجل فى سنة ١٨٠٨ ، وماكس موللر (*MAX MULLER*) فيما بعد ، نظرا إلى "التاريخ الطبيعى" بوصفه نموذجًا للتاريخ بوجه عام ، كما اعتبرا أن علم اللغة المقارن يلعـب بالنسبة إلى علوم اللسان الدور الذى يلعبه علم التشريح المقارن بالنسبة إلى علوم الأحياء . وهكذا تؤدّى هـذه الطريقة باشليجل إلى التفريق بين نوعين من اللغات : يشتمل النوع الأول على اللغات الهنديـة الأوروبيـة ، ويشتمل النوع الثانى على سائر اللغات الأخرى. واللغات الهندية الأوروبية هى اللغات "الرفيعة" ، أما اللغـات الأخرى فهى أدنى رتبة. فاللغة السنسكريتية، وبالتالى اللغة الألمانية – التى يعتبرها اشليجل أقرب اللغات إليها

– هى "لغة مكتملة منذ نشأتها" ، هى "لغة قوم". وهكذا صنفت المدرسة الألمانية العقول والأذهان والملكات الفكرية وطاقات الشعوب. ولم يكن من شأن فون اشليجل أو بوب ، كما لم يكن من شأن يعقوب جريم (*J. GRIMM*) ، أن يخالفوا همبولت (*HUMBOLDT*) عندما رأى أن اللغة هى "روح الأمة".

وقد نمت الدراسة المقارنة للأديان والأساطير نحو منتصف القرن التاسع عشر على أيدى أ. كوهن *A.KHUN* وماكس موللر وفى أفق فقه اللغة المقارن. واكتمل تصنيف عقليات الشعوب . ومن هنا ظهرت أخطر محاولة أسس أصحابها لتصور العلم الغربى الأوروبى، وإن كانت بواكير هذا المشروع قد ظهرت فى مؤلف جامع لكريستيان لاسن (*CHRISTIAN LASSEN*). إلا أن مداها الحقيقى يتجلى ، فى فرنسا ، فى أعمال أرنست رينان (*E. RENAN) (1823-1892*). فقد كان الهدف لارنست رينان أن ينجز فى اللغات السامية ما أنجزه بوب فى اللغات الهندية الأوروبية. وقد تمثلت مهمته فى الإفادة من ميدانى فقه اللغة وعلم الأساطير المقارنة للتوصل إلى وصف الفكر السّامى وتاريخه. إن الآريين والساميين وحدهم أصحاب الحضارة. وبالتالى صارت مهمة المؤرخ تقتصر على بيان الفرق القاطع بين مساهمات كل من هؤلاء وأولئك. فهكذا صار تصور الجنس يشكّل قوام فن التأريخ ، على أن ما يُراد بـ "الجنس" إنما هو مجموع الملكات والغرائز التى يُهتدى إليها من خلال علم اللغة وتأريخ الأديان وحسب. فالسّاميون إن لم يبتكروا جديدا فى العلم، فإن ذلك يرجع آخر الأمر إلى "طبيعة" اللغات السامية. إن الجنس السّامى يكاد لا يعرف إلا بخواص سلبيّة وحدها. فليس له أساطير ولا ملاحم ، وليس له علم ولا فلسفة ، وليس له قصص ولا فنون تشكيلية ولا حياة مدنية. أما الآريون ، فبهم يتحدّد الغرب وأوروبا. ويقر رينان "بالمعجزة اليونانية". ولم يكن العلم العربى إلا صورة من العلم اليوناني[١٨]. ولم يقتصر مؤرخو العلم على الاقتباس من هذا الاتجاه الفكرى تصوّره لغربية العلم ، بل اقتبسوا منه طرائق لوصف تطوّر العلم والتعليق على سيره. فهكذا عكفوا على اكتشاف التصورات والمناهج العلمية ، وعلى تتبع نشوئها وتطورها ، مستخدمين فى ذلك فقه اللغة. وصار مؤرخ العلوم عالما لغويا، شأنه فى ذلك شأن مؤرخ الأساطير ومؤرخ الأديان. فقد توافرت التصورات والطرائق للتأسيس لتصور العلم الغربى "انثروبولوجياً". وذلك كان موقف جول تانرى وبيار دوهيم وميلو فى فرنسا، تمثيلا لا حصرا. فقد اقتبسوا عن رينان تصوره وألفاظه جميعا. ومع أن معظم المؤرخين قد تخلّوا عن تلك "الانثروبولوجيا" ، بقيت سلسلة من النتائج . فلا يزال بعض المؤرخين يتبنى حتى اليوم تلك "الانثروبولوجيا".

ج– نتائج التاريخ الأنثروبولوجي

أمكن رشدى راشد استخلاص نتائج التاريخ الأنثروبولوجى للعلوم على النحو التالى :

كما أن العلم فى الشرق لم يكن له تأثير ملحوظ فى العلم اليوناني، فكذلك لم يكن للعلم العربى تأثير ملحوظ فى العلم الكلاسيكي؛

إن العلم الذى أتى بعد علم اليونان يعتمد العلم اليونانى وحده. **اقتصر "العلم العربــى علــى ترديــد العلــم** اليوناني. واعتمد العلماء العرب اليونان؛

بينما يعنى العلم الغربى ، سواء من جهة نشأته أم من جهة حداثته **الكلاسيكية، بالأسس النظريــة، يتميــز** العلم الشرقى ، فى جوهره ، بأهدافه العملية. ويصدق ذلك عليه حتى فى فترته العربية؛

إن الميزة التى يتفرد بها العلم الغربي، سواء فى أصوله اليونانية أم فى نهضته الحديثة، هى تقيّده بمعــايير الدقة ، فى حين أن العلم الشرقى بعامة ، والعربى منه بخاصة – ينقاد إلى قواعد تجريبية وطرائــق حــسابية عملية من دون أن يتحقق من صحة كل خطوة من خطاه.

وتمثل حالة ديوفنطس هذه الفكرة خير تمثيل. فهو بوصفه رياضيًا "يكاد لا يكون يونانيًا". لكن تانرى نفسه عندما يقارن المسائل العددية لديوفنطس بعلم الجبر عند العرب ، يعود فيقول إن الجبــر العربــى "لا يجــاوز ديوفنطس"؛

إنّ إدخال المعايير التجريبية الذى يميّز إجمالاً العلم الكلاسيكى عن العلم الهلينستى ، هــو إنجــاز العلــم الغربى دون سواه. فنحن مدينون للعلم الغربى بالتصور النظرى وبالاتجاه التجريبي؛

اقتناع أغلب المثقفين العرب المعاصرين بهذه الأيديولوجية. قال المفكر السورى المعاصر صــادق جــلال العظم، تمثيلا لا حصرا، إنه "باستثناء فكرة الأهمية الحاسمة للعلم الحديث والتكنولوجيا التى شدد على أهميتها أهل النهضة ولسبب ما لم تتطور ولم تفعل فعلها فى الحياة العربية كما يجب، وإذا أردنا أن نقوم بمقارنة بــين منجزات عصر النهضة الأوربي، وعصر النهضة العربي، لوجدنا أن الأوربى فى بداياته قد اختزن مجموعة من الأفكار والتيارات والميول التى تطورت فيما بعد، مع أنه كانت هناك حالة من التــأرجح علــى طريقــة هاملت فى الفترة المبكرة ما بين الأصالة والمعاصرة والقديم والحديث، والــذى حــسم فــى أوربــا الوضــع التاريخى لصالح الجديد فهو برأى الثورة العلمية التى حدثت فى القرن السابع عشر والانقــلاب الكبيــر فــى المفاهيم الذى قاده كوبرنيكوس وجاليلي!!"(١٩) .

ترحيل تاريخ العلم العربى من ميدان العلوم، بالمعنى الحصري، إلى ميدان الكلام الاستشراقي.فهو ترحيل تاريخ العلوم كنظرية قائمة *Théorie confisquée* ، بحسب اصطلاح جورج كونجيلام، إلــى مكــان آخــر ولأهداف أخرى. وقد صار ترحيل نظرية قائمة*Théorie confisquée* من موضعها الأصلى إلــى مواضــع أخرى، منهجا سائدا بعد العلم الكلاسيكى بعامة، وإسحق نيتون، بخاصة، وإن ظل قائمــا بوصــفه وســيلة كشفيــة فى الميكانيكا والمناظر بخاصة.

و ذلك ليس هجوما، لدى رشدى راشد، على الاستشراق فى ذاته وجوهره وماهيته، كما يفعل البعض منذ زمن بعيد إنما نقل رشدى راشد وفريق البحث التابع له العلم العربى نقلا كيفيا ونوعيا من نطاق الاستشراق إلى مجال العلم نفسه. ومع أن ج. د. برنال، تمثيلا لا حصرا، يقول إنه من المؤكد أن المعرفة اليونانية قد عادت للحياة من جديد فى عمل العلماء العرب ولم تكن تلك العودة مجرد نقل عار من التغيير، فإنه يقول إن معظم علماء العرب رضى بالنمط الكلاسيكى للعلوم، ووثقوا بهذا النمط وإنه "لم يكن لديهم طموح كبير ليحسنوا هذا النمط، ولم يكن لديهم أى طموح لأن يطوروه تطويرا ثوريا."[20] ليس من شك فى أن للمستشرقين فى الكشف عن تاريخ العلوم عند العرب فضلا عظيما يعرفه لهم رشدى راشد وغيره من المؤرخين الجدد فى تاريخ العلوم عند العرب. فلقد تناولوه بالدرس وتحقيق النصوص والمخطوطات، والمقارنة بينه وبين أصوله اليونانية والهندية.

لكن العصر الوسيط والعصر الحديث تغير مدلولهما عند رشدى راشد. لم يعد العلم العربى جزءا من العصر الوسيط بل قفز إلى العصر الحديث، من دون أن يكون هناك تأثير بالمعنى التاريخى للكلمة للعلم العربى الوسيط فى العلم الغربى الحديث، فالعلم العربي، كما عرض له رشدى راشد، جزء لا ينفصل من العصر الحديث والعلم الغربى الحديث. قلب اكتشاف علاقة سنيلليوس عند ابن سهل فى القرن العاشر الميلادي، تمثيلا لا حصراً، التصور السائد لتاريخ العلوم بل قاد إلى صياغة مغايرة لمسألة إعادة اكتشاف هذا القانون مرات عدة وإلى جانب أسماء سنيلليوس وهاريو ورنيه ديكارت، لابد، من بعد تأريخ رشدى راشد للعلوم، إضافة اسم ابن سهل فى قائمة من صاغوا قانون سنيلليوس الحديث.

د- مسألة الاستشراق

لذلك لا يقتفى رشدى راشد أثر المستشرقين بقدر ما ينقل تاريخ العلوم العربية نقلة نوعية من الاستشراق إلى العلم الخالص. الاستشراق، كما هو معروف، عبارة عن دراسة من خارج لعلم الشرق الأدنى والأقصى - بما فى ذلك المغرب العربي- وهويته ومراحل نموه وتطوره التاريخى وثقافته وفكره وفنه. بهذا المعنى البسيط ، الاستشراق مرآة للشرق وتاريخه ووجوده. لذلك كان الاستشراق الغربى ولا يزال يشغل حيزا معينا فى تاريخ العلاقات غير المتكافئة بين رموز الشرق وبين رموز الغرب. وأساس المشكلة أن يرى الاستشراق الشرق بأدوات الغرب المعرفية والمنهجية الحديثة لا بأدوات الشرق القديمة ومنطلقاته. وبحكم انطلاقه من أدواته فهو لا يصوغ معرفة بريئة. لكن الشرق نفسه لا يصوغ معرفة بريئة عن الآخر نتيجة السبب نفسه. ففى الحالين انحياز. من هنا المشكلة الدائمة. ومما زاد من حدة المشكلة أن الاستشراق ارتبط بظاهرة الاستعمار. فهل يجوز الأخذ بمعرفة اقترنت بإرادة الهيمنة الغربية الحديثة؟

ذلك هو السؤال. وهو فى جوهره ليس سؤالا جديدا تمام الجدة. فهو يستعيد المشكلة القديمة حول صلة العرب بالأعاجم. المشكلة، إذن، مستمرة. ويستدعى الأمر المساءلة والنقد. هل نأخذ من الآخر كل العلم أو جزءاً منه؟ على أى أساس نقتبس؟ على أى أساس نقتبس منه معرفته عن أنفسنا؟ على أساس أى انحياز نقتبس أو لا نقتبس منه العلم ؟

هـ- حوار الثقافات

يحتاج الجواب على هذه الأسئلة تأمل واستقصاء الاستشراق من جوانبه المختلفة السلبية والإيجابية من دون مقدمات عصبية. لأن ما هو موضع تساؤل إنما هو معرفة موقعنا على خريطة العالم الثقافية والفكرية والمعرفية من دون مواربة أو تشنج أو تقوقع. بعبارة أخرى، إن ما هو موضع تساؤل هو قضية الحوار بين الثقافات والتبادل بين الحضارات كافة. إن الحوار حول الآراء العابرة يقيم الإجماع. ولا يصوغ التصورات. ولم ينتج الحوار اللفظى فى السابق أى تصور. وهى فكرة ربما تعود إلى اليونان القدماء. لكن اليونان أنفسهم كانوا يتوجسون من الفكرة. وقبل أن نتحاور لا بد لنا أن نصنع تصورا حول الحوار وحول جدوى الحوار.

و يعنى الحوار الثقافى إلغاء الاستقلال التام بين الثقافات. ويعنى التفاعل الحضارى بين الشعوب والأمم، نفى الانطواء على الذات. ويهدف هذا وذاك إلى الكف عن طلب التصورات والتحول إلى إنتاجها. ولا يمكن أن نقيم حوارا للثقافات فى استمرار العطاء المستمر من جانب والأخذ المستمر من جانب آخر. هى إذن دعوة لإنتاج تصورات خاصة. فالثقافة التى تتحرك بتصورات الآخرين لا تتحاور عمليا. وليس بالإمكان أن نقيم هذا الحوار أو ذاك التبادل على أساس جامعى وحسب. ولا يبدو بالإمكان أن نقيمهما على قاعدة سياسية وحسب. بل يبدو من الضرورى أن نقيم حوار الحضارات على أساس من الربط بين البحث العلمى النزيه وحاجات مجتمعات العالم الثالث كافة. كذلك يبدو ضروريا أن نربط التاريخ القديم بالمشكلات الراهنة للفكر المصرى والعربى بعيدا عن الأوهام الراهنة حول مختلف أنواع "العصور الذهبية". فليس بالإمكان أن نراجع أوهام المستشرقين من دون أن نراجع الأوهام التى صنعناها نحن بأيدينا.

قامت الأوهام عندنا على الرفض المطلق لما يأتى من الغرب ولما تقدمه الثقافة العلمية المعاصرة. وذلك فى مقابل الوعد ببلورة فكر خاص بنا وبإنتاج أعمال علمية تصدر عنا وبدراسة ماضينا التاريخى والراهن دونما تطبيق بسيط للمناهج الغربية على مجتمعات الشرق أو إسقاط العلم الغربى على ثقافتنا. فالمشكلة الكبرى أننا لسنا الخلاقين لثقافتنا وسنظل كذلك حتى تتولد التصورات منها.

وليس من شك فى أن الفكر الغربى مرتبط بالتاريخ الغربى وبالمجتمع الغربي. ومن البديهى أن يكون الاستشراق فى الغرب قائما على عادات ذهنية وثقافية للمجتمع الغربى الذى ينتمى إليه. ومن البديهى أيضا أن يستخدم المناهج التى صنعها لذاته من أجل دراسة حضارته الخاصة. من هنا فقده للبراءة. على أن الاستشراق يحتوى على علم قد يفيدنا فى فهم أنفسنا وفى إدراك غيرنا على حد سواء. من هنا الأمل فى حوار بين فكرين أو مجالين مختلفين فى الدرجة لا فى النوع. وهو اختلاف فى الدرجة لأنه من الصعب أن تعيش حضارة الشرق مقطوعة الصلة تماما عن المحيط العالمي.

كان الاستشراق قد ظهر فى الغرب فى العصر الوسيط بعد أن كانت العلاقة مجرد علاقة تجارية فى العصر القديم. وأخذ الغرب يترجم المؤلفات العلمية العربية إلى اللغة اللاتينية.

وكان الفكر الغربى هو الطالب على حين كان العلم العربى هو المعطاء.

وبدأت الأمور تتغير ابتداء من القرن التاسع الميلادي، حسب تقسيم رشدى راشد الجديد للتاريخ، بدل القرن السادس عشر، حسب التقسيم القديم[٢١]. بدأ الفكر العربى العلمى يتغير فى القرن التاسع الميلادي. ثم جاء مستشرقو القرن الثامن عشر الميلادى من الرحالة والمبشرين والضباط ورجال الإدارة الاستعمارية وعلماء اللغة والدين والإنسان والحضارات والأدب والآثار. وبدءا من القرن التاسع عشر الميلادى شوه الاستعمار الغربى الحديث صورة الشرق وواقعة حيث ظهر استشراق الاستعمار ثم ما بعد الاستعمار. وفى أواسط القرن التاسع عشر الميلادى ثم فى ثلثه الأخير، كان المستشرقون الفرنسيون يدرسون الشرق فى إطار من الاكتشاف السياسى والاقتصادى للعالم العربي. وبدأ التفكير فى فتح الأسواق الجديدة مع السيطرة الأوروبية على القارات المنسية. وكانت الموجة الأولى تتصف بتأسيس الجمعيات الاستشراقية ثم الجمعية الآسيوية والجمعية الأمريكية الشرقية. أما المرحلة الثانية فشهدت ميلاد مؤتمرات المستشرقين. أما مستشرقو القرن العشرين فقد كانوا من التربويين ورجال المخابرات والمؤرخين الاقتصاديين ومتدربى الشركات وخبراء الأسواق التجارية والسياسيين وذوى النيات الحسنة من المعنيين بحوار المسيحية والإسلام. مع ذلك صار استشراق القرن العشرين استشراق الاستعمار. فوضع المستشرقون علمهم فى الثلاثينيات والأربعينيات من القرن السابق فى خدمة سياسة الهيمنة. وأدى ذلك إلى الاختلال شبه التام وحتى الآن فى ميزان العلاقة بين المجتمعات الغربية الرأسمالية وبين المجتمعات الشرقية. وعلى هذا النحو تطور الاستشراق.

ولم يفلت المستشرقون من التضامن المبدئي، المعرفى والسياسي، مع الثقافة الغربية التى يكتبون فى إطار خططها من دون أن يعنى ذلك أن الاستشراق هو الوجه الثقافى للاستعمار أو الهيمنة. فهذا موقف يقود إلى رفض مطلق للمعرفة الاستشراقية كلها. وهو رفض سياسى ومذهبى لا يعبر عن أسلوب علمى فى النظر

للأشياء والكلمات. فليس من شك فى أنه مازال هناك من المستشرقين من يحلم بالهيمنة مـن وراء المعرفـة. وليس من شك أيضا أن الصورة التى التقطها الاستشراق عن الشرق قد تعرضت للتزييف والتحريف والتبديل والتصحيف، بمعنى أن المستشرقين حصروا الشرق فى إطار محدد لا يمكن الخروج عنه. لكن هنـاك أيـضا منهم من يراجعون أنفسهم بحكم العلم. فالعلم له قواعده غير الجنسية وغير الدينية. ففيما عدا نـصوص قليلـة نشرت ببولاق أو حيدر أباد نشر المستشرقون النصوص العربية التى ما تزال العمدة فى مجال قراءة العـصر الوسيط. وكانت بحوث المستشرقين أول عمل تحليلى لينابيع الثقافة العربية استند للمصادر فى صورة مباشرة. وبحوثهم فى مجالات التاريخ والجغرافيا والفكر والمجتمع والسلطة وعلاقات الشرق والغرب لا غنـى عنهـا حتى اليوم فى البحث العلمى عن تلك المسائل.

المسألة، إذن، ليست فى أن تكون مسيحيا أو مسلما إنما المسألة فى النظر النقدى إلى الذات قبـل الآخـر. فالغرب يراجع نفسه وثقافته ومعرفته وفكره. فهو يراجع الاقتصار على التحليل اللغوى والتاريخى والعلمـى فى دراسة الشرق. بل رأى الغرب فى اللغة وعاء التعصب نفسه. وذهب فى المراجعة إلى حد إعلان نهايـة الاستشراق نفسه بسبب تخلف المناهج -و هى أزمة النزعة التاريخيـة *HISTORISMUS*- وتغييـب فكـرة الخصوصية -و هى أزمة المركزية الأوروبية- وتعدد مجالات الاهتمام والتخصصات العلمية كالتاريخ وعلم الاجتماع والإنسان والاقتصاد والسياسة. انه تفجر من داخل الثقافة الغربية. وهو يمارس فعاليته الخلاقة علـى حيز من هذه الثقافة بطريقة أدت إلى توليد استعراب من نمط جديد منذ مطلع الستينيات من القرن السابق .

لكن الخطر الأساس فى استعادة تصور "الخصوصية" البديلة للاستشراق القديم، هو أنه تـصور نمطـى لا يخضع للتطور. من هنا فالأخذ به يتجه، فى شروط تاريخية معينة، إلى تغييب الوعى النقدى لصالح تـصور للهوية يلغى التباين داخل الماضى والتراث والأمة كما يؤدى ذلك إلى البحث عـن الـصفاء والنقـاء علـى المستوى النفسى والفكرى وإلى القهر على مستوى السياسة.

و- ردة الفعل على الاستشراق

لم يعد هناك عالم واحد اسمه الاستشراق. ووصل الغرب إلى حد الإعلان عن بدء عهد ثقافى منفتح بـين الشرق والغرب يزيل الجدران العالية القديمة. وباستخدامه أدوات علمية غربية حديثة -علـم اللغـة الجديـد، التاريخ الجديد، تصور جديد للقوة وعلاقات القوة، تصور البحث الـسياسي، علـم الآثـار الجديـد، الحقيقـة والتمثيل، الأنا والآخر، تصورات العالم، المعرفة والإنشاء، السيطرة، التشكيل، الإقصاء والاستثناء، الإفراط- فى دراسة نفسه، أسهم الشرق فى إعادة النظر فى المناهج والأدوات التى استعملها الغرب فى معرفته للشرق.

تلك هى الحلقة المفرغة القائمة إلى الآن. نقد الشرق للغرب جزء من نقد الغرب لنفسه. الكلام الشرقى عن الشرق هامش على متن الغرب نفسه.

مع ذلك بدأت إعادة التقويم النقدى للاستشراق منذ صعود حركات التحرر الوطني/القومى قبل نحو نصف قرن من الزمان على مستوى قارات آسيا وأفريقيا وأمريكا اللاتينية وفى المجالات كافة. فقد أعطى مؤتمر تضامن الشعوب الأفريقية والأسيوية فى باندونج فى إبريل من عام ١٩٥٥ دفعة حاسمة للتجديد فى القارتين. وبلغت ذروتها فى عقد السبعينيات من القرن العشرين.

لكن لم نراجع أنفسنا مراجعة كافية. لم نعد قراءة تاريخنا وتراثنا وراهننا إعادة كافية. ومن ثم فإننا لم نستطع أن نراجع الغرب مراجعة عميقة. لم نر أوروبا وتاريخها ونقائضها ونجاحاتها من خارج، أى من منظور ما سمى بالعالم الثالث. ويظل الغرب هو المنظور المنفرد فى دراسة ذاته. واقتصر الاستغراب على الرفض الشرقى القومي/الدينى للغرب وكرهه والانغلاق عنه والتهرب من معرفته ورفض الاعتراف به وجهله. فتأكد القطع بين الشرق والغرب. كما اقتصر الاستغراب على البعد السياسى والمذهبى وحدهما، أى على إحلال مركزية آسيوية جديدة محل المركزية الأوروبية القديمة. كانت المركزية الأوروبية تتوهم أن الثقافة الشرقية مجزأة غير قادرة على استيعاب العالم.

من ثم لم نحدث تغييرا ملحوظا –أى بعيدا عن الجهود الفردية الفذة المتفرقة هناك أو هناك– فى تاريخ فكرنا المعاصر. ولم ننتج المناهج الخاصة بنا. ولم ندخل بعد مرحلة المعركة المعرفية. من هنا الارتباك فى العلاقة بين الغرب وبيننا. من هنا أيضا ارتباكنا المستمر بين نارين : نار التعصب من جهة ونار التغريب من جهة أخري. كان تاج الدين السبكى يقول عن المعتزلة فى اقليم خوارزم : "إذا رأوا من أحد التعصب، أنكروه عليه، وقالوا : ليس لك إلا الغلبة بالحجة وإياك وفعل الجهال".

فالخصائص الفكرية والنفسية والجمالية والروحية التى يختص بها الغربى والخصائص الروحية التى ينفرد بها الشرقى تظل خصائص نسبية. لا يجوز أن تصل "الخصائص" إلى مرتبة النماذج الجاهزة ولا إلى الجواهر الثابتة. وقد يؤدى التعميم المفرط فى هذه الحالات إلى التشويه. فليس الغرب مادى بحت كما أن ليس الشرق روحا خالصة. كان لدى المجتمع الأوروبى فى العصر الوسيط، تمثيلا لا حصرا، ما يكفيه من الروحانيات فى الوقت نفسه الذى برزت فيه الحاجة إلى غذاء غير روحي، فوجد فى الحضارة العربية الروح العلمي. والتفكير الحر، الذى جاء من طريق العرب والذى تغذى من الفكر اليوناني، أرسى حجر الزاوية لقيام ما سمى بعصر النهضة الأوروبية الحديثة ثم التنوير *AUFKLARUNG* الأوروبى الحديث الذى أنجب تاريخ العلوم العربية بالمعنى العلمى المعاصر الصحيح لمصطلح تاريخ العلوم، كما أسلفنا من قبل.

من هنا فالتصورات لا تخضع إلى الجغرافيا. يقوم الشرق من جهة والغرب من جهة أخرى وكأن الثقافة حكر على هذه المنطقة أو تلك بل وكأن الشرق والغرب عالمان مختلفان تمام الاختلاف لا تجمعهما أية سمات مشتركة.

واقع الأمر أن فكرة التناقض العنصرى الحاد بين الحضارتين الغربية والشرقية قد نشأت جنبا إلى جنب مع تطور القومية الأوروبية إلى مرحلة الاستعمار وما بعدها. وقد عادت إلى الحياة من جديد فى الآونة الأخيرة نتيجة صعود التيارات القطرية فى الغرب والشرق على السواء. وبسبب التيارات القطرية فى الاستشراق تم تفضيل ميادين معينة على ميادين أخرى فى العلم العربى وحصر للميادين العلمية موضع البحث. كما أدت تلك التيارات إلى النتائج التالية :

تشويه منهج تاريخ العلوم نفسها وحفر الفجوة/الفراغ بين الفترة الهلينستية وعصر النهضة، والقطع بين الماضى والحداثة باسم الثورة العلمية؛

تشويه النظر فى تصور "الجديد" أو "الحديث" أو "الثوري" عند علماء القرن السابع عشر وعند العلماء العرب وعند العلماء الأوائل؛

تشويه العلم نفسه.

ز- الأحكام المسبقة الغربية

هذه هى نتائج العودة الدورية الأوروبية إلى الأصل اليوناني، التى صيغت فى القرن الثامن عشر لتعيين مرحلة من مراحل تقدّم العقل الإنسانى ، ثم قام التصور نفسه فى القرن التاسع عشر على أساس "انثروبولوجي". وهذه النتائج مازالت تسيطر على أعمال مؤرخى العلم الكلاسيكي. لا يخرج الجبر، حصرا، عن سائر العلوم العربية فى وصفها بالخواص السابقة. فهو يتميز بأهداف عملية ، وبطابع حسابى عملي، وبعدم التقيد بمعايير الدقة. وهذه الخواص هى التى دفعت بتانرى إلى القول بأن الجبر العربى لم يبلغ المستوى الذى بلغه ديوفنطس. كما أن هذه الخواص ، على ما بدا لرشدى راشد ، هى التى أسست لاستثناء بورباكى المرحلة العربية من عرضه لتاريخ الجبر. وأكد كوندورسيه *CONDORCET* ومونتوكلا[٢٢] *MONTUCLA* ونقولا بورباكى [٢٣] *BOURBAKI Nicolas* على ذلك.

و لا يختلف رشدى راشد مع نقولا بورباكى من جهة الرياضيات بل هو تعلم فى مدرسة بورباكى أصول الرياضيات، إنما هو يختلف معه من جهة تأريخ بورباكى للرياضيات، بسبب اعتماد بورباكى منهجيات القرن

التاسع عشر – ونسلمان (*NESSELMAN*) وزويتن (*ZEUTHEN*) وجول تانزى وكلاين (*KLEIN*)أن الجبـــر الكلاسيكى هو عمل المدرسة الإيطالية ، وأنه اكتمل على أيـــدى فيـــات ورنيـــه ديكـــارت. وأصـــر ميلـــو (*MILHAUD*) وجون ديودونيـــه (*Jean DIEUDONNÉ*) علـــى إســـناد الهندســـة الجبريـــة *Géométrie algébrique* إلى رنيه ديكارت، ضمن مجموعة كبيرة من الآراء المسبقة الجوهرية والمستقاة من موســـوعة *LEIPZIG* الألمانية القديمة[٢٤]. فإن النحو الذى ينحوه ديودونيه فى كتابة التاريخ لا يكشف سوى عن فجـــوة غير معقولة بين "طلائع" الهندسة الجبرية عند اليونان وبين هندسة رنيه ديكارت فى العصر الحـــديث . وقـــد يعمد بعض المؤرخين إلى ذكر الخوارزمى وتعريفه للجبر ، وحله للمعادلة التربيعية ، لكنهم يقصرون بوجـــه عام الجبر العربى على مبتدعه.

ح- نظرة حول الجبر العربي

لم يكن الجبر العربى فى الصورة الجديدة التى يرسمها رشدى راشد مجرد امتداد لأعمال الخوارزمي، بل كان محاولة لتجاوز أعمال الخوارزمى على الصعيدين النظرى والفني. ولم يكن هذا التجاوز محصلة أعمـــال فردية ، بل جاء نتيجة تيارات جماعية. وابتكر التيار الأول من هذه التيارات مشروعًا دقيقا يتمثل فى تطبيـــق الحساب على الجبر الموروث عن الخوارزمى ومن تبعه من الجبريين. أما التيار الثانى فإنه كان يرمى إلـــى تجاوز العقبة المتمثلة فى حل المعادلات من الدرجتين الثالثة والرابعة من خلال الجذور ، وفى سبيل ذلك عمد الرياضيون الذين ينتمون إلى هذا التيار فى مرحلة أولى إلى صياغة نظرية هندسية للمعادلات الجبرية ، وذلك لأول مرة فى تاريخ الرياضيات، ثم عمدوا ، فى مرحلة ثانية ، بعد تعديل وجهة نظرهم إلى دراسة المنحنيات المعروفة لديهم من خلال معادلاتها ، أى أنهم بدءوا البحوث الأولى فى مجال الهندسة الجبرية. عمـــد التيّـــار الأول إلى تطبيق الحساب على الجبر الموروث. وأول من ابتدأ بتحقيق هذا المشروع النظرى هو الكَرَجى فى أواخر القرن العاشر. ويلخص السموأل – الذى جاء بعد الكرجى – هذا المـــشروع علـــى الوجـــه التـــالى : "التصرف فى المجهولات بجميع الأدوات الحسابية كما يتصرف الحاسب فى المعلومات".

فاتجاه هذا المشروع واضح ، ويقع إنجازه وفقًا لمرحلتين متكاملتين : تمثلت أولاهما فى تطبيـــق عمليـــات الحساب الأولية ، بصورة منظمة ، على العبارات الجبرية ، وتمثلت المرحلة الثانية فى أخذ العبارات الجبرية بصرف النظر عما يمكن أن تمثله ، حتى يجوز أن تطبق عليها العمليات التى كانـــت ، إلـــى ذلـــك الحـــين، مخصصة للأعداد. ومن أخطر المشكلات التى عارضت هذا المشروع ، مشكلة توســـيع الحـــساب الجبـــرى المجرد. وأحرز رياضيو القرنين الحادى عشر والثانى عشر الميلاديين فى هذا الصدد نتائج مازالت تعزى – خطأ – إلى رياضى القرنين الخامس عشر والسادس عشر. ويمكن أن نذكر من بين هـــذه النتـــائج : توســـيع تصور القوة الجبرية بحيث يشمل عكس هذه القوة بعد أن حُدِّدت بوضوح القوة : صـــفر ؛ قاعـــدة العلامـــات

بصورتها العامة ؛ قاعدة ذات الحدين وجداول الأمثال ؛ جبر متعددات الحدود ، وخاصة خوارزمية القسمة ؛ تقريب الكسور "الصحيحة" من خلال عناصر من جبر متعددات الحدود.

وقصد الجبريون فى مرحلة ثانية إلى تطبيق هذا الحساب نفسه الجبرى الموسع على العبارات الجبرية الصماء. وكان السؤال الذى طرحه الكَرَجى فى هذا الصدد هو : كيف التصرف فى المقادير الصمّ بالضرب والقسمة والزيادة والنقصان وأخذ الجذور؟ ضرورة الإجابة عن هذا السؤال هى التى دفعت بالرياضيين إلى ابتكار تأويل جبرى للنظرية التى تضمنتها المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لاقليدس، فضلا عن النتائج الرياضية.

كان بابوس[٢٥] ينظر إلى هذه المقالة نظرة هندسية، كما كان ينظر إليها الحسن ابن الهيثم. ويرجع ذلك إلى الفصل الأساس – الوارد عند آرسطو كما عند أقليدس – بين المقادير المتصلة والمقادير المنفصلة. من هنا، أكمل أصحاب مدرسة الكَرَجى بنية الأعداد الحقيقية الجبرية.

وشقّت أعمال الجبريين الذين ينتمون إلى هذا التيار الطريق أمام بحوث جديدة فى نظرية الأعداد والتحليل العددي. ففيما يتعلق بالتحليل العددي، تمثيلا لا حصرا ، أمكن رشدى راشد القول بأن رياضى القرنين الحادى عشر والثانى عشر ، بعد أن جدّدوا الجبر من خلال الحساب ، عادوا ثانية إلى الحساب ، فوجدوا فى بعض أبوابه ، الامتداد التطبيقى للجبر الجديد. واستخرج علماء الحساب الذين سبقوا جبريى القرنين الحادى عشر والثانى عشر الجذور التربيعية والتكعيبية ، كما كانوا يمتلكون صيغًا لتقريب الجذور نفسها. ولكنه لم يكن بوسعهم ، لافتقارهم إلى الحساب الجبرى المجرد، تعميم نتائجهم ، ولا طرائقهم ، ولا خوارزمياتهم. فبفضل الجبر الجديد ، صارت عمومية الحساب الجبرى مقومة لباب من التحليل العددى لم يكن قبل ذلك إلا مجموع طرائق تجريبية.

و هذا الجدل بين الحساب والجبر ، ثم بين الجبر والحساب ، هو الذى أتاح لعلماء الرياضيات المسلمين فى اللغة العربية فى القرنين الحادى عشر والثانى عشر الميلاديين المجال للوصول إلى نتائج لا تزال تنسب – خطأ – إلى رياضيى القرنين الخامس عشر الميلادى والسادس عشر الميلادي. ومن هذه النتائج : الطريقة المسماة بـ "طريقة فيات" *VIÉTE*[٢٦] لحل المعادلات العددية؛ والطريقة المسماة بـ "طريقة روفينى وهورنر" (*RUFFINI-HORNER*) ؛ وطرائق عامة للتقريب ، وبخاصة تلك التى أشار إليها وايتسيد (*D.T. WHITESIDE*) كطريقة "الكاشى ونيوتن"، وأخيرًا نظرية الكسور العشرية. وقد صاغ رياضيو القرنين الحادى عشر والثانى عشر طرائق تكرارية من شأنها أن تؤدى إلى التقريب وطرائق استدلال جديدة كالاستقراء التام ، كما فى القرن السابع عشر. كما أنهم استهلّوا بحوث جديدة تتعلق تمثيلا لا حصرا، بتصنيف

القضايا الجبرية ، أو بوضع الجبر من الهندسة . فإن الرياضيين الذين جاؤوا بعد هـؤلاء ، أثـاروا مـسألة الرموز الرياضية.

كل هذا آل برشدى راشد إلى القول بأن عددًا من التصوّرات التى تنسب إلـى شـوكيه (*CHUQUET*) ، وستيفل (*STIFEL*) ، وفاولهابر (*FAULHABER*)، وشوبل (*SCHEUBEL*) ، وفيات وستيفن (*STEVIN*) ، وغيرهم ، هى فى الحقيقة من نتاج مدرسة الكَرَجي، التى عرفها الرياضيون اللاتينيون واليهود.

و من بين التصورات التى صاغها الجبريون الحسابيون منذ نهاية القرن العاشر تصور متعددات الحـدود. وهذا التيار الذى يتمثل الجبر كـ "حساب المجهولات" على حد التعبير الذى كان يـستعمل آنـذاك ، هيّـأت السبيل لتيار جبرى آخر ، استهله الخيام فى القرن الحادى عشر ، ثم جدّده ، فى أواخر القرن الثانى عـشر ، شرف الدين الطوسي. فالخيام قد صاغ ، لأول مرة ، نظرية هندسية للمعادلات. أما الطوسى فكان لـه تـأثير بالغ فى بدايات الهندسة الجبرية.

فقد استطاع علماء الرياضيات قبل الخيام – أمثال البيرونى ، والماهانى ، وأبى الجود ، وغيرهم من دون الرياضيين الاسكندرانيين ، رد مسائل المجسمات إلى معادلات من الدرجة الثالثة، بفضل تـصور متعـددات الحدود. ولكن الخيام كان أول من أثار أسئلة جديدة : هل بالإمكـان ردُّ مـسائل الخطـوط أو الـسطوح أو المجسمات إلى معادلات من الدرجة المماثلة ؟ هل بالإمكان تصنيف المعادلات من الدرجة الثالثة بحيث يمكن البحث عن حلول منتظمة من خلال تقاطع منحنيات مساعدة ، إذ إن الحل من خلال الجذور كان ممتنعًا علـى رياضى تلك الفترة؟

أدت الإجابة عن هذين السؤالين المحددين، بالخيام إلى صياغة نظرية هندسية للمعـادلات مـن الدرجـة المساوية للدرجة الثالثة أو الأقل منها. ولم يقصر الطوسى – الذى جاء من بعد الخيام – نظره على الأشـكال الهندسية ، بل إنه صار يتأمل الأشياء من خلال العلاقات بـين الـدالات ، ودرس المنحنيـات مـن خـلال المعادلات، وإن ظل الطوسى فى حله للمعادلات يلجأ إلى المنحنيات المساعدة إلا أنه كان يبرهن جبريّـا فـى كل حالة عن تقاطع هذه المنحنيات من خلال معادلاتها. فالاستعمال المنسّق لهذه البـراهين يـدخل بـصورة عملية، أدوات كانت متوافرة لدى أولئك الذين يمكن أن نسميهم المحللين، من بين رياضى القرن العاشر، وهذه الأدوات هى أدوات التحويلات الافينية ، ودراسة النهايات العظمى للعبارات الجبرية من خلال مـا سـيعرف فيما بعد بالمشتقة، ودراسة الحد الأعلى والحد الأدنى للجذور. وفى أثناء هذه الدراسات وعنـد تطبيـق هـذه الطرائق ، أدرك الطوسى أهمية مميز المعادلة التكعيبية ، وأعطى الصيغة التى تسمى بـ "صـيغة كـاردان" (*CARDAN*) فى حالة خاصة كما فى "الصناعة العظمى" لكاردان .

وأمكن رشدى راشد القول بأن الخيام والطوسى قطعا أشواطًا بعيدة فى ميدان يقال عادة ان ديكارت كـــان أول من ارتاده ، من جهتىْ النتائج والأسلوب. من هنا لم يعد بالإمكان تمثّل تاريخ الجبر الكلاســيكى كعمـــل النهضة الأوروبية، بوصفه يفضى إلى "الثورة الديكارتية" ، إلا إذا أهمل المؤرخ تيار علمـــاء الحـــساب مـــن جهة، وتيار المهندسين–المحللين من جهة ثانية. لذلك لم تنفرد حالة الجبر بين العلوم الرياضية بهذا الوضـــع. فهناك أمثلة عدة من حساب المثلثات ، والهندسة، وحساب الصغائر ، وعلم المناظر وعلم الأثقال ، والجغرافيا الرياضية ، وعلم الهيئة.

٧– نشأة الحداثة العلمية الكلاسيكية

تبطل أعمال مؤرّخى علم الهيئة فى العصر الحديث النظرة العنصرية لأعمال الفلكيـــين العـــرب. وميَّـــز المؤرخ التقليدى بين مرحلتى العلم الغربي، أى بين المرحلة اليونانية وبين مرحلة النهضة، بظهور المعـــايير التجريبية. فهناك من يردّ هذه المعايير إلى تيار الأفلاطونية الأوغسطينية. وهناك من يردها إلى المـــسيحية ، ولاسيما عقيدة التجسيد منها. ويردّها ثالث إلى مهندسى عصر النهضة الأوروبية. ويردها رابـــع إلـــى "الأداة الجديدة" لفرانسيس باكون، وخامس إلى أعمال جلبيرت وهارفي، وكبلر، وجاليلو. وتلتقى كلها حـــول نقطـــة واحدة : القول بغربية الحداثة العلمية الكلاسيكية. هل عصر النهضة وحده هو الذى أنشأ المـــنهج التجريبـــى وسيلة للبرهان؟ ذلك هو السؤال الأساس. فلفترة طويلة من الزمان ظلت الفكرة البديهية، ظاهريا، تقـــول بـــأن "العلم الجديد" هو نتاج "المنهج الجديد"، منهج الملاحظة وبناء التصورات والمبادئ على أساس مـــن معطيـــات الخبرة والتجربة. فهل قطع العلم الجديد تماما مع السابق، على مستوى الرياضيات؟

تبين تحليلاتنا فى هذا الكتاب الشكل الخاطئ لذلك التصور للعلم. لأن نظرية الحركة الجديدة فى الفيزيـــاء الغربية الحديثة، تمثيلا لا حصرا، لم تكن ممكنة من دون افتراض التفكير النظرى فى العالم ، أى لـــم تكـــن نظرية الحركة الغربية الحديثة ممكنة من دون افتراض مركزية الشمس. والافتراض الأساس، فـــى التـــصور السائد، هو أن "الفيزياء الحديثة" تكونت على أسس تجريبية. أدى اكتشاف توريتشللي، تمثيلا لا حصرا، إلـــى وضع منهج "الفيزياء الحديثة" مكان نظريات العصور الوسطى. كيف حدث ذلك؟ هل بـــوحى مـــن الخبـــرة المباشرة؟ هل بوحى من الاستقراء المتعمق والعائد إلى بيكون صاحب الأداة الجديدة؟ هل يعنى الرجوع إلـــى الخبرة أن الفيزياء الحديثة كانت بالضرورة تجريبية؟ هل يعنى رفض منهج الاستقراء رفض التجريبيـــة؟ مـــا الفرق بين الخبرة والمسلمة؟ إذا كان المنهج التجريبى لا يقوم على تعميم القضايا المستقاة من الظـــواهر، مـــا تحليل هذا المنهج على نحو أدق؟ لماذا احتاج نيوتن لأن يقول بأن ما توصل إليه قد بلغه من طريـــق التعمـــيم والاستقراء؟

فرّق الفيلسوف الألمانى عمانوئيل كانط فى القرن الثامن عشر، ذلك القرن الذى شهد نشأة تـاريخ العلـوم بالمعنى الحديث لمصطلح تاريخ العلوم، فى الفقرتين المتتاليتين، ١٨ و١٩، من كتابه مقدمات إلى الميتافيزيقـا القادمة[٢٧] بين الأحكام التجريبية *EMPIRISCHE URTEIL* وأحكام الخبرة *ERFAHRUNGSURTEILE*. ما الفرق؟ هل نقدر أن نقول إن أحكام الخبرة ليست أحكاما تجريبية؟ ما السلامة الذاتية والصحة الموضوعية؟ كيف تقترن الموضوعية والكونية؟ الموضوعية والكلية؟ ما العامل الحاسم فى العلاقة بين الموضوعية والكلية؟ ما الكلية؟ هل نقدر أن نقول إن حكم الخبرة هو سلفا حكم علمي؟

حاد بعض مؤرخى العلوم عن ذلك الرأى السائد منذ القرن التاسع عشر الميلادى [٢٨]، فنـسبوا أصـول "التجريب العقلي" إلى الفترة العربية من تاريخ العلوم، وخص رشدى راشد بالذكر منهم فـرانس ويبكـه *F: WOEPCKE* وسوتر *SUTER* ولوكيه*LUCKEY* وألكـسندر فـون همبولـت[٢٩] *ALEXANDRE VON HUMBOLDT* ، و"المهنـدس-الفيلـسوف" أنطـوان - أغـسطان كورنـو *ANTOINE-AUGUSTIN COURNOT (1801-1877)* الذى منح علم الاحتمال، من جهة أخرى، دورا مهما فى منظومته الفلسفية ككل. فقد قام فى الرياضيات حساب الاحتمال. فهو أوسع تطبيق لعلم الأعداد[٣٠].

VI- العلم التطبيقى العربى أو "الاعتبار"

إن تاريخ العلاقة بين العلم والصناعة يمكن الباحث من أن يدرك تاريخ البرهان والممارسة العملية. وليس من شك فى أن تحديد حدة التعارض التقليدى بين العلم والصناعة يبدو علامة بارزة فى جميع التيارات الفكرية التى سادت الفترة العربية. وهذه العلامة الكلية هى أساس حكم بعض المؤرخين بأن العلماء العرب يتـصفون بروح عملي، مما أزاح كل ما كان يحول دون تطبيق قواعد "الصناعة" وأدواتها على العلم، وبوجه أخـصّ ، على البرهان. لم يعد من الضرورى للمعرفة أن تطابق النهج الآرسطى أو النهج الإقليـدى لتوصـف بأنهـا معرفة علمية. وبفضل هذا التصور الجديد لوضع العلم ، ارتقت عدة فنون كانت تعتبـر صـناعية بحتـة - كالكيمياء (القديمة) وخاصة الكيمياء بالمعنى الذى اكتسبته عند الرازى ، والطب والصيدلة ، والموسيقى وعلم اللغة - إلى مقام المعرفة العلمية. فإنه لم يكن بوسع التصور الجديد أن يؤدى إلى أكثر مـن توسـيع نطـاق البحث التجريبى وإلى مفهوم للتجريب غير واضح. فإنا نشاهد تعدّد الطرائق التجريبية فى ذلك العصر، كمـا نشاهد استعمالاً متسقًا لهذه الطرائق. وتشهد على ذلك تصانيف علماء النبات ومعاجم اللغويين، والتجارب التى كان يجريها الأطباء وعلماء الكيمياء ، والتشخصيات الطبية المقارنة.

ولكن هذا المفهوم للتجريب اكتسب البعد الذى نشهد ظهوره فى ميدان المناظر بخاصة ، على يدى الحسن ابن الهيثم فى تنظيم الحجة التجريبية وتبويبها وترتيبها. لم يعد علم المناظر، فى أفق علم الحسن بن الهيثم، مجرد دراسة هندسية للإبصار أو للضوء ، بل أصبح "الاعتبار" صنفًا قائمًا بنفسه من أصناف الحجّة. ومن بعد ابن الهيثم ، تبنى كمال الدين الفارسى تمثيلا لا حصرا ، المعايير التجريبية فى بحوثهم فى علم مناظر قوس قزح، تمثيلا لا حصرا. وفى علم الضوء الهندسى ، الذى أصلحه الحسن ابن الهيثم ، تمثلت العلاقة بين الرياضيات والفيزياء فى تشاكل بنيتيهما. فقد استطاع الحسن ابن الهيثم ، بفضل تعريفه للشعاع الضوئي، أن يتصور ظواهر الامتداد – وظاهرة الانتشار – بحيث تتطابق هذه الظواهر وقواعد الهندسة بصورة تامة. ثم ابتكر تركيبات اعتبارية لاختبار قضايا كانت قد اختبرت من قبل على مستوى "التركيبات اللغوية" من خلال الهندسة.

ويذكر رشدى راشد من بين هذه الاعتبارات تلك التى كانت ترمى إلى امتحان قوانين علم الضوء الهندسى وقواعده. وتفصح إعادة نظر رشدى راشد فى أعمال ابن الهيثم عن نتيجتين :

١- الحصول على نتائج كمية ؛

٢- امتناع رد الأجهزة التى ابتكرها ابن الهيثم إلى أجهزة الفلكيين.

أنواع "الاعتبار"

أما فى علم الضوء كفرع من العلوم الطبيعية، فإن رشدى راشد يكشف عن نمط آخر من العلاقات بين الرياضيات والفيزياء، وبالتالى عن معنى جديد لتصور التجريب العلمى بوصفه "اعتباراً".

١- النوع الأول من "الاعتبار" : استقراء الأحكام أو القوانين العامة

يقرر ابن الهيثم ، وفقا لمقتضيات إصلاحه لعلم الضوء الهندسى، أن الضوء، أو أن أصغر الصغير من الضوء هو شيء مادي، منتقل عن الأبصار، وأنه يتحرك فى زمان ، وأن سرعته تتغير حسب الأوساط التى ينفذ فيها ، وأنه يسلك أسهل السبل ، وان قوته تضعف تبعًا لازدياد بعده عن مصدره.

٢- النوع الثانى من "الاعتبار" : اختبار صحة نتائج القوانين القياسية

تدخل الرياضيات من طريق الأمثلة التى يقيس فيها ابن الهيثم خطط انعكاس الضوء وانعطافه على خطط حركة جسم ثقيل. وتدخل الرياضيات فى علم الضوء من طريق الخطط "الدينامية" لحركة الأجسام الثقيلة ، بعد أن افترض الحسن ابن الهيثم أن هذه قد صيغت رياضيًا. إن تطبيق الرياضيات على التصورات الفيزيائية هو الذى أسس لنقل هذه التصورات إلى مستوى "اعتباري" ، وكان هذا "الوضع الاعتباري" وضعاً تقريبياً، ولا

يحقق من وظائف التجريب العلمى إلا إمكان الاستدلال على الاتجاه العام للظاهرة. وهذا ينطبــق، تمثــيلا لا حصرا، على مخطط حركة الجسم المرمى به ، كما يتصوّره ابن الهيثم ، وكما تصوره ، على وجه ما ، كپلر ورنيه ديكارت، فيما بعد ذلك التاريخ.

٣– النوع الثالث من "الاعتبار" : صياغة النموذج الإرشادي

هناك نوع ثالث من "الاعتبار" عند كمال الدين الفارسى نحو أوائل القرن الرابع عشر المــيلادي. ويعــود الفضل فى إمكان إجراء ذلك النوع من "الاعتبار" إلى الإصلاح الذى أجراه ابن الهيثم علــى علــم الــضوء. وتهدف العلاقات بين الرياضيات والفيزياء فى هذه الحال ، إلى صياغة نموذج ، وبالتــالى إلــى رد امتــداد الضوء فى جسم طبيعى إلى امتداده فى جسم صناعي، هندسياً. فالغاية التى كان يرمى إليهــا كمــال الــدين الفارسى هى تحديد علاقات تماثل رياضية ، بين امتداد الضوء فى جسم طبيعى ، وامتداده فى جسم صناعي. ويكشف كمال الدين الفارسى عن ذلك، فى استعمال كرة من البلّور ، مملوءة ماء ، لشرح ظاهرة قوس قزح.

إن الأنماط الثلاثة من التجريب الاعتبارى لم تستعمل كأداة اختبار وحسب، إنما كوسيلة لتحقيق تــصورات عامة. ففى الأحوال الثلاثة ، يرمى "المعتبر" إلى تحقيق عينى لمعقول لم يكن من شأنه أن يتحقق قبــل ذلــك. فعندما يعرض ابن الهيثم لأبسط مثال لامتداد الضوء على خطوط مستقيمة لا يعتبر أى ثقب كان فــى بيــت مظلم ، بل يعتبر ثقوبًا معينة حسب نسب هندسية معينة ، ليحقق تصوره للشعاع. إن الإصلاح الــذى أنجــزه الحسن ابن الهيثم والمعايير التجريبية كجزء من البرهان فى ميدان العلوم الطبيعية لم تنته بانقضاء واضــعها. فهناك رابطة بين ابن الهيثم وكپلر *(KEPLER)*، ثم بينه وبين علماء القرن السابع عشر.

VII– بتر التاريخ الموضوعي

من هنا استخلص رشدى راشد النتائج التالية :

إن فكرة غربية العلم الكلاسيكى ، التى برزت فى القرن الثامن عشر كوسيلة لتكوين تصور لتعاقب أطوار العقل الإنسانى ، دفعت الاستشراق فى القرن التاسع عشر، إلى صياغة "أنثروبولوجيــة" تقــول بــأن العلــم الكلاسيكى فى جوهره أوروبى ، وانه يمكن استكشاف أصوله فى العلم والفلسفة اليونانيين؛

إن التعارض بين الشرق والغرب يكمن وراء النقد الموجّه ضد العلم وضد العقلانية بوجه عام من جهــة ؛ ثم إنه يؤدى من جهة أخرى إلى استثناء الإنتاج العلمى بالشرق ، نظرا وفعلاً ، من تاريخ العلوم بدعوى :

١– عدم دقة العلم العربى ؛

٢ – مظهره "الحسابى العملي" ؛

٣- كان علماء تلك الفترة يعتمدون أشدّ الاعتماد على العلماء اليونانيين؛

٤- لم يبتدع علماء تلك الفترة المعايير التجريبية؛

٥- حافظ علماء تلك الفترة على المتحف الهيلينستي.

تغيرت هذه الصورة للعلم العربى فى القرن العشرين ، وبخاصة فى السنوات العشرين الأخيرة من القـرن العشرين، إلا أنها لا تزال مؤثرة فى تاريخ العلوم؛

لم يتجاوز عصر النهضة الأوربية ، فى مجالات المعرفة العديدة، حدود تنشيط النهضة السابقة.

يغير رشدى راشد إذن تقسيم تاريخ العلوم السائد. ويقيم تقسيمات جديدة. وتلغى التقسيمات الجديدة التطابق بين "الترتيب المنطقي" و"الترتيب التاريخي" لوقائع تاريخ العلوم. ويستوعب هذا التقسيم الزمنى الجديد تحـت لفظة واحدة بعينها ، "الجبر الكلاسيكي" أو "علم الضوء الكلاسيكي" ، تمثيلا لا حصرا، أعمالاً تمتد من القـرن العاشر إلى القرن السابع عشر، وبالتالى تتعدد مستويات تصور العلوم الكلاسيكية بل تتعدد مستويات تـصور العلم فى العصر الوسيط، إذ إن تصور العلم فى العصر الوسيط يتكون من عناصر متباينـة لهـا مـستويات مختلفة. فالعلوم الكلاسيكية نتاج منطقة البحر الأبيض المتوسط، وهى نتاج منطقة الحوار بين الحضارات.

من هنا يمثل التأريخ الشامل للرياضيات العربية وفلسفتها تأريخا صعبا وإن لم يكـن محـالا. فنـصوص العلماء العرب فى العصر الوسيط، مازالت مدفونة فى مختلف مكتبات العـالم ولـم ينـشر منهـا مؤرخـو الرياضيات منذ القرن التاسع عشر الميلادى إلا النزر اليسير. فمن المحال الإجابة عن السؤال عـن أصـول الرياضيات العربية قبل معرفة هذه النصوص معرفة كاملة. لذلك يتحول السؤال عن هذه الأصول عند بعـض مؤرخى الرياضيات إلى سؤال عن الأصالة *ORIGINALITE* الـصعبة نتيجـة التـاريخ الجزئـى لتـاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها.

مع ذلك أرخ رشدى راشد لتطور الرياضيات عند العرب، من داخل، وللمسالك المتعددة التى سلكها تطور الرياضيات من داخل. فحين عاد رشدى راشد إلى الجبر، تمثيلا لا حصرا، فرق بين نهجين أساسيين لتطـور الجبر :

١- تطور الجبر من خلال الهندسة واستخدام الأشكال الهندسية لاستخراج جذور بعض المعادلات؛

٢- تطبيق الحساب على الجبر وتوسيع تصور العدد بمحاولات غير مباشرة.

و قامت الفكرة الأساسية فى تاريخ الجبر على تطبيق الحساب على الجبر وتوسيع تصور العدد بمحاولات غير مباشرة، أى قامت الفكرة الأساسية فى تاريخ الجبر على استقلال العمليات الجبرية عن التمثيل الهندسي. وقد بدأ هذا النهج عند العلماء العرب فى القرن الحادى عشر الميلادى وبخاصة عند أبــى بكــر محمــد بــن الحسين الكَرَجي.

وذكر رشدى راشد أن ابن الفتح وأبا كامل شجاع بن أسلم وأبا بكر محمد بن الحــسين الكَرَجــى وعمــر الخيام وغيرهم من العلماء قد أقروا كلهم بعد الخوارزمى أن وحدة الموضوع الجبــرى هــى فــى عموميــة العمليات لا فى عمومية الكائنات الرياضية. فهذه الكائنات الرياضية قد تكون خطوطًــا هندســية أو أرقامًــا عددية. أما العمليات فهى التى يحتاج الباحث إليها لرد مشكلة ما إلى معادلة أو لوضعها فى صــورة إحــدى المعادلات "المرجعية" التى أوردها الخوارزمى وكملها الرياضيون من بعده ، أو تلك التى تلزم لإيجاد حلــول خاصة تدعى عادة بالدساتير أو الصيغ.

العلاقة بين الجبر والهندسة

أصبح الجبر علم المعادلات. وظل على هذه الصورة حتى أواخر القرن الثــامن عــشر بعامــة، وحتــى لاجرونج بخاصة. ولئن مهد الخوارزمى لهذا التصور للجبر، فلقد أكده خلفاؤه. فعمر الخيام يعرِّف الجبر بأنه علم المعادلات، ولا يتردد شرف الدين الطوسى فى أن يضع المعادلات فى عنوان كتابه عن الجبر. فان كانت الحدود بين هذا الجبر والحساب الابتدائى مميزة بوضوح فان الحدود بين الجبر والهندسة كانت ما تزال غيــر بينة.

و تدل على ذلك براهين الخوارزمى الهندسية. مثال ذلك براهينه حول تحديد شروط وجود جذور معادلات الدرجة الثانية. ولكن خلفاء الخوارزمى حاولوا إزاحة هذه العقبة المنطقية. حتــى أولئــك الــذين اســتخدموا البراهين الهندسية لإيجاد جذور معادلات الدرجة الثالثة ، كالخيام، تمثيلا لا حصرا، ذكروا أن الحل الهندســى لا يغنى عن الحل الجبري، ولا يمكنه أن يقوم مقام الحل من خلال الجذور العاملة على الأمثال . ولكن تحقيق فكرة البرهان الجبرى وبالتالى فكرة استقلال الجبر ونوعه لم يتم إلا بعد تعميم الحساب الجبــرى وتطــويره. ولقد أخذ الجبريون على عاتقهم منذ القرن الحادى عشر حل هذه المشكلة العملية لكى يستطيعوا حــل مــسألة استقلال الجبر ونوعه النظرى :

- ضرب القوى وقسمتها؛

- حساب العلامات الجبرية؛

- قسمة متعدد حدود فى مجهول واحد على آخر؛

دستور الحدين وحساب أمثاله بما فى ذلك اكتشاف ما يسمى بمثلث بليز بسكال مع أن بليز بسكال جاء متأخرًا بعدة قرون من بعد الكَرَجي.

فى ضوء هذا المعنى وصل رشدى راشد بين القرن السابع عشر الأوروبى وبين أعمال مدرسة مراغة وما سبقها فى علم الهيئة ومؤلفات الخيام وشرف الدين الطوسى فى الجبر والهندسة الجبرية وكتابات بنى موسى وثابت بن قرة وابن سنان والقوهى وابن الهيثم فى التحليل الرياضى ورسائل ابن سهل وابن الهيثم فى المناظر.

و كلنا يعلم أن بدايات العلم العربى ترجع إلى أعمال أقليدس وبطلميوس وآرشميدس وغيرهم من العلماء. وهى الأعمال التى ترجمت فى أغلبها فى القرن التاسع بتوجيه من الخلفاء ومن اللغة السريانية وأحيانا من اللغة اليونانية. لكن ليس من الممكن أن نفهم علم الضوء عند رنيه ديكارت وكبلر من دون العودة إلى علم الضوء عند ابن الهيثم. وليس من الممكن أن نفهم حال الجبر فى القرن السادس عشر من دون الرجوع إلى كتابات الجبر العربى التى ترجمت إلى اللغة اللاتينية فى القرن الثانى عشر. وليس من الممكن أن نفهم ديناميكا عصر النهضة الأوربية الحديثة من دون الاطلاع على نظرية ابن سينا. ليس من الممكن أن نفهم العلم الحديث من دون العودة إلى الهندسة، علم الفلك، الاستاتيكا، التحليل التوافيقي، وأغلب فروع العلم الكلاسيكي، من دون العودة الأصلية إلى العلوم العربية. ولا يعود رشدى راشد، فيما يعيد تقديم العلم العربى فى صورة جديدة، إلى كلام الفلاسفة أمثال الفارابي، ابن سينا، إخوان الصفا، وحدهم، -راجع الفصل الثانى من الباب الثالث من هذا الكتاب عن رياضيات الفلاسفة- إنما يعود كذلك، إلى العلماء أنفسهم الذين غيروا - على خلاف الفلاسفة والمتكلمين والفقهاء- أطر المعرفة اليونانية السابقة.

VIII- اللغة العلمية العربية

منذ بداية الدولة الإسلامية حتى القرن الثانى الهجرى (القرن الثامن الميلادي)، ظهرت كتابات علمية فى اللغة العربية فى فروع المعرفة. ومنذ القرن الثالث الهجرى (نهاية القرن الثامن الميلادى وبداية القرن التاسع الميلادي)، ازدهرت حركة البحث والتأليف فى اللغة العربية فى ميادين العلوم المختلفة. وتواصل الإنتاج

العلمى المبدع على هذا النحو حتى القرن التاسع للهجرة (القرن الخامس عشر الميلادي)، على وجه التقريب. وفى تلك الفترة كان هناك تأليف بلغات أخرى من لغات العالم الإسلامى، ولا سيما اللغة الفارسية، كما كانت هناك ترجمات من اللغة العربية إلى اللغة الفارسية، أو العكس، كما تشهد بذلك آثار النسوي، ونصير الدين الطوسي، تمثيلا لا حصرا، إلا أن لغة التأليف فى العلم كانت اللغة العربية. فالعلم العربى هو ما كتب فى اللغة العربية فى ميادين العلوم المختلفة منذ تلك الفترة إلى فترة دخول العلم الأوروبى إلى بلدان عربية وإسلامية عدة، منذ نهاية القرن الثامن عشر. واتصل المجهود العلمى العربى فى ظل الدولة العثمانية وإيران -إبان حكم الدولة الصفوية- والهند حتى فترة متقدمة وإن أصبح هذا النشاط العلمى العربى هامشيا منذ القرن التاسع عشر إلى الآن : "من الخطأ اعتبار النشاط العلمى بعد دخول العلم الحديث إلى الوطن العربي -أى دخول علم القرن التاسع عشر الأوروبى، أو قل فتات منه- علما عربيا، ولو كتب بلغة الضاد. فموقف الكاتبين بالعربية فى العلوم هو موقف التبعية، بمعنى أنهم لا يشاركون فى وضع الأسئلة المهمة، ولا فى الإجابة عنها."[٣١] فالعلم العربى إذن هو ما كتب فى اللغة العربية عندما كانت المراكز العلمية الأساسية تتكلم فى هذه اللغة بين القرنين الثانى والتاسع (القرن الثامن الهجري/القرن الخامس عشر الميلادي) على وجه التقريب. وكان العلم العربى عالميا من جهة منابعه ومصادره الهلينستية والسريانية والسنسكريتية والفارسية والبابلية واليونانية، عالميا بتطوراته وإمداداته. وكان العلم العربى جزءا من الممارسة الاجتماعية اليومية فى مختلف مستويات المجتمع الإسلامى. وليس هناك إجماع على هذه الفكرة. فمحمد عابد الجابرى يرى أن العلم بقى هامشياً. لكن أقام العلم العربى منهجا نظريا وعمليا فى آن واحد. وطبق العلم العربى العلوم الرياضية فيما بينها : الهندسة على الجبر، الجبر على الهندسة، الهندسة على الفيزياء فى مجال علم الضوء، الرياضيات على البحوث اللغوية. وأنشأ فصولا علمية جديدة وعلوما جديدة كالعمل الهندسى لجذور المعادلات، الهندسة التحليلية، تجديد نظرية الأعداد، المتغيرات العددية الأولية، المناظر كعلم فيزيائي، المنهج التجريبى طريق للبرهان، حساب التباديل والتوافيق.

من هنا لم يكن العلم العربى علم شراح -حتى القرن الثامن الهجرى (القرن الرابع عشر الميلادي) على الأقل- بل كان العلم العربى معرفة علماء ونقاد. ولم يكن ورثة العلم العربى هو العرب والمسلمين وحدهم بل أصبح العلم العربى إرثا عالميا. وبسبب الترجمة إلى اللغة اللاتينية واللغة العبرية فى أوروبا وكان العلم العربى المصدر للتعليم. والعلماء الأوروبيون هم الذين طوروا العلم العربي: طور كبلر ورنيه ديكارت علم المناظر لابن الهيثم كما كان متوفرا فى اللغة اللاتينية.

منذ القرن التاسع الميلادى أصبح للعلم لغة. وكانت هذه اللغة هى اللغة العربية. فالعلم العربى هو النشاط العلمى الذى مارسه العلماء بدءا من القرن التاسع، فقد " قدر للسان العرب المبين المرن أن يصبح لسان العلم

فى الشرق الأدنى، كما كانت اللغة اللاتينية لغة الأوساط العلمية فى أوربا الغربية."[٣٢] **ولم تكن اللغة العربيــة** لغة الخازن الأم لكنه ألف علمه فى اللغة العربية. **وكان ثابت ابن قرة صابئيا وكان الرازى غنوصيا وكان أبو** كامل مصريا وكان الخيام فارسيا. لكنهم **ألفوا جميعا فى اللغة العربية.**

أ- الرموز الرياضية

من هنا كان على رشدى راشد أن يترجم اللغة العربية الطبيعية إلى الرموز الرياضية الحديثة. إن للرمزية ثلاث اتجاهات :

اتجاه غيبى خاص بطريقة أدراك العالم الخارجي وبالوجود الذهنى الذى ينحصر فيه أو الوجود الفعلى؛

اتجاه باطنى وهو السعى إلى اكتشاف العقل الباطن وعالم اللاوعى؛

اتجاه لغوى خاص بالبحث فى وظيفة اللغة وإمكانياتها ومدى تقيدها بعمل الحواس وتبادل تلك الحــواس ؛ على نحو يفسح أمام الكاتب أو الشاعر مجال اللغة وتسخيرها لتأدية وظائف الأدب.

بات كل بحث فى الرياضيات يفرض بالضرورة الكلام على الرمز.

الرمز وسيلة من وسائل التعبير العلمية. وهذه الوسيلة تكاد تطغى على سواها من ســوائل التعبيــر عنــد العلماء الحديثين، إلى حد اعتبارها الأساس فى كل تعبير صوري.

هناك مضامين قد تعد حديثة تاريخياً، ولكن التعبير عنها تعبير قديم يقوم على الخطابية. خطابيــة الفكــرة وعلى التركيب المباشر، وعلى التشابيه والنعوت والاستعارات التى تخلى عنها العلم الحديث، واستعاض عنها بالصورة التركيبية، الصورة – الرمز أو الصورة- الشيء".

الرمز هو من جهة ثانية تجاوز للدلالة الاصطلاحية إلى دلالة ثانية هى دلالة الرمزية. لذلك عانى رشــدى راشد من آلية الانتقال من معنى إلى معنى آخر متوقفين عند العلاقة المؤسسة، والرابط الذى يــربط الرمــز " كوجه بلاغى مقنع من وجوه التعبير بالصورة"، بعناصر المجاز الأخرى.

منذ بداية القرن التاسع عشر الميلادى صار المؤرخون لا يشكون، مع غياب النظام الرمزى فــى الكتابــة الرياضية العربية، فى أهمية التراث العلمى العربى. فعلاوة على الأشكال اللغوية المعهــودة (المــصطلحات، التركيبات) تلجأ الرياضيات إلى عدد من العلامات. والرموز الرياضية هى إذن علامات واختصارات متعددة تستخدم فى الرياضيات للإشارة إلى الكميات، والعلاقات، والعمليات الحسابية، بهدف تيــسير هــذه العمليــات

الحسابية. كانت العمليات الرياضية أمرا شاقا فى الرياضيات العربية، لنقص الرموز المناسبة لهذه العمليات. فقد كانت هذه العمليات الحسابية تكتب كاملة بالحروف والكلمات أو يشار إليها من طريق الاختصارات. فقد استهل الخوارزمي، تمثيلا لا حصراً، بحثه فى الجبر والمقابلة، من دون استخدام الرموز الرياضية، على النحو التالى : "و أنى لما نظرت فيما يحتاج أليه الناس من حساب وجدت جميع ذلك عددا ووجدت جميع الأعداد إنما تركبت من الواحد والواحد داخل فى جميع الأعداد. ووجدت جميع ما يلفظ به من الأعداد ما جاوز الواحد إلى العشرة يخرج مخرج الواحد ثم تثنى العشرة وتثلث كما فعل بالواحد فتكون منها العشرون والثلاثون إلى تمام المائة. ثم تثنى المائة وتثلث كما فعل بالواحد وبالعشرة إلى الألف ثم كذلك تردد الألف عند كل عقد إلى غاية المدرك من العدد . ووجدت الأعداد التى يحتاج أليها فى حساب الجبر والمقابلة على ثلاث ضروب وهى جذور وأموال وعدد مفرد لا ينسب إلى جذر ولا إلى مال. فالجذر منها كل شى مضروب فى نفسه من الواحد وما فوقه من الأعداد وما دونه من الكسور. والمال كل ما اجتمع من الجذر المضروب فى نفسه. والعدد المفرد كل ملفوظ به من العدد بلا نسبة إلى جذر ولا إلى مال فمن هذه الضروب الثلاثة ما يعدل بعضها بعضا وهو كقولك أموال تعدل جذورا. وأموال تعدل عددا. وجذور تعدل عددا."[٣٣]

و قد أدخل القلصادي، فى كتابه "كشف الأسرار فى علم الغبار"، فى القرن التاسع الهجري/الخامس عشر الميلادي، علامة وضع الجذر التربيعى بعد أن حار علماء الحساب فى أمرها زمنا طويلا. ووضع الرموز الجبرية بدلا من العلامات الجبرية مثل رمز (ج) للجذر، و(ش) للشيء، و(م) للمال، و(ك) للكعب، و(ل) لعلامة يساوي، وثلاث نقاط للنسبة. ورسم الكسور بشكلها المتعارف عليه الآن، واضعاً خط الكسر وجاعلا البسط "على رأسه" والمقام من تحته، وكانت القسمة عادة بهذه الطريقة وبهذا الشكل اقتبس الغرب رمزها[٣٤]. ولأول مرة كشف "كشف الأسرار" عن ما سبق به القلصادى من محاولة فى الجبر المختزل[٣٥] .

أهمية العلم العربى فى دراسة العلم اليوناني

مع ذلك النقص الرمزى المعروف فى الرياضيات العربية، أصبح من الواضح أنه ليس بالإمكان دراسة تاريخ العلوم من دون معرفة الفترة العربية. فتعود أهمية هذه الفترة، من جهة أخرى، لدراسة العلم اليونانى وبخاصة العلم الذى نما فى مدرسة الإسكندرية. ليس بالإمكان كتابة تاريخ العلم اليونانى من دون معرفة تاريخ مجالات العلم العربى الثلاثة :

طور العلماء العرب العلوم فى مجالات كان العلماء الإسكندرانيون أنفسهم يجهلونها. هذا التطوير نفسه أسس لفهم اتساع العلم اليونانى وحدوده. فأعمال الحسن بن الهيثم فى البصريات والتجديد العلمى الذى أجراه فى ميدان البصريات مكنت المؤرخ من التأريخ للعثرات التى اعترضت أقليدس وبطلميوسو تقديرها. من جهة

أخرى، مكنت أعمال الكرجى، ومخطوطات عمر الخيام ، ومؤلفات شرف الدين الطوسى وغيرها من الرسائل فى الجبر والهندسة الجبرية، المؤرخ، من تحديد الأسباب التى حالت دون تطـور هـذا الفـرع أو ذاك مـن الرياضيات على يد مدرسة الإسكندرية.

كانت شروح العلماء العرب لكتب الإسكندرانيين شرط معرفة التفسيرات التى نقل معها التـراث اليونـانى وفيه. فالتفسير، كما هو معروف، غير محايد. بالإمكان تفسير المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لأقليـدس، تمثيلا لا حصرا، بشكل هندسى أو بطريقة جبرية. وهذا هو الاختلاف فى تفسير تـاريخ الرياضـيات. فـابن الهيثم، تمثيلا لا حصرا، فسر تفسيرا هندسيا فى حين قدم الكرجى ومن بعـده الـسموأل المغربـى التفـسير الجبرى. فساعد ذلك على تطوير الجبر نفسه. وغالبًا ما صاحب هـذا التفـسير أو ذاك الترجمـات العربيـة للنصوص اليونانية عند انتقالها إلى أوروبا فى ما سُمى "بالعصر الوسيط" وما سمى "بعصر النهضة".

هذه الترجمات نفسها كانت فى بعض الأحيان هى السبيل الوحيد لمعرفة الأوروبيين بهذه النصوص. فلقـد فقد الأصل اليونانى لبعضها ولم تبق إلا الترجمات العربية. وهناك أمثلة عدة من بحوث العالمين أبولونيـوس وبابوس.

الهوامش

١) الخوارزمي، "كتاب الجبر والمقابلة"، تقديم وتعليق على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد، القاهرة، دار الكاتب العربى للطباعة والنشر، ١٩٦٨، ص ٤ .

٢) الخوارزمي، "كتاب الجبر والمقابلة"، تقديم وتعليق على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد، القاهرة، دار الكاتب العربى للطباعة والنشر، ١٩٦٨، ص ٥ .

3) *Claude Ptolémée, Composition mathématique, traduction de labbé Halma, suivie des notes de Delambre, Fac-similé de loriginal du tome I paru en 1813, et du tome paru en 1816, 2 volumes, Paris, A. Blanchard, 1988.*

4) *Pierre Duhem, Essai sur la théorie physique de Platon à Galilée.*

5) *Nicolas Copernic, De Revolutionibus Orbium Coelestium, édition dA. Koyré du libri I du De Revolutionibus, Des révolutions des orbes célestes, Paris, 1933, livre 1.*

6) *Alexandre Koyré, La révolution astronomique, Copernic-Kepler-Borelli, Paris, Hermann, 1961, I. Copernic et le*

7) *bouleversement cosmique, pp. 15-66.*

8) *Nicolas Copernic, De Revolutionibus Orbium Coelestium, édition ,d'A. Koyré du libri I du De Revolutionibus, Des révolutions des orbes célestes, Paris, 1933, livre 1, , ch. 2 et 3.*

9) *F. Woepke, Sur lintroduction de larithmétique indien en Occident, Paris, 1859; F WOEPKE , Note sur des notations algébriques employées par les arabes, Comptes rendus de lAcadémie des Sciences, Vol. 39, pp. 162-165.*

10) *H. Suter, Die Mathematiker und Astronomen der Araber IHRE Werke, Leipzig, 1900.*

11)

12) *Paul Luckey, Die Rechenkunsh bei Gamsid b. Masud al-Kasi, Wiesbaden: Steiner, 1951.*

13) *Gilles-Gaston Granger, La mathématique sociale du Marquis de Condorcet, Paris, Editions Odile Jacob, 1989; R. Rashed, Mathématique et Société, Paris, Editions Hermann, 1974; Condorcet, Esquisse dun tableau historique des progrès de lesprit humain, Fragment sur lAtlantide, Paris, Flammrion, 1988; Jean-Pierre Schandeler, Les interprétations de Condorcet, symboles et concepts (1794-1894), Voltaire Foundation, Oxford, 2000.*

14) *Georges Gusdorf, Les sciences humaines et la pensée occidentale, 1, De lhistoire des sciences à lhistoire de la pensée, Paris, Payot, 1966. Georges Gusdorf, Les sciences humaines et la pensée occidentale, 5, Dieu, la nature, lhomme au siècle des Lumières, Paris, Payot, 1972; Georges Gusdorf, ibid, 6, Les principes de la pensée au siècle des Lumières, Paris, Payot, 1971, pp. 17-36, pp. 151-212, pp. 293-374.*

15) *Paul Hazard, La pensée européenne au XVIIIème siècle, de Montesquieu à Lessing, Paris, Fayard, 1963, Chapitre 3 : La raison, les Lumières; I; Joseph Juszezak, Lanthropologie de Hegel à travers la pensée moderne, Marx-Nietzsche-A. Kojève-E. Weil, Paris, Anthropos, 1977. Kant, Beantwortung der Frage : was ist Aufklarung?, in Kantswerke, Band 9, Insel Verlag wiesbaden, 1964, s. 53-61; Panajotis Kondylis, Die Aufklarung im Rahmen des neuzeitlichen Rationalismus, Hamburg, Felix Meiner Verlag, 2002.*

16) *Lidée de progrès, publications de centre de recherches dhistoire des idées de luniversité de Nice, Paris, Vrin, 1982.*

كان تورجو *Turgot*، عرّف نظرية التقدم تعريفا واضحا عام ١٧٥٠ أمام جامعة السوربون بباريس بفرنسا، من بعد الفيلسوف الإيطالى فيكو (١٦٦٨-١٧٤٤)، مع عدم التنبه إلى ذلك فى مؤلفاته عند ظهورها. على أن بحث تورجو حول تقدم الفكر البشرى أعاد من جديد تاريخ بوسويه *Bossuet* السابق. فكما أورد أرنست كسيرر، ثم كارل لوفيات *Karl Lowith (1897-1973)* فى كتاب عن "التاريخ والخلاص" أو *Weltgeschichte und Heilges chehen* فقد حلت فكرة التقدم محل الخلاص الإلهي. فالمجموعة الكلية للجنس البشري، بتناوب فى الهدوء والاضطراب، وفى النعم والمصائب، تسير دائما، ولو بخطوات وئيدة، نحو كمال أعظم. وهو التفاؤل الذى مهد لأفكار كوندورسيه *Condorcet* الذى نقل التقدم المتقطع إلى التقدم المتصل، والتقدم/الإيمان إلى التقدم/نظرية. كان كوندورسيه مفكر التقدم بامتياز. كان يربط التقدم بالدولة. فالاختلاف بين كتابى بوسويه *Bossuet* "خطاب فى التاريخ العالمي" وكوندورسيه، اختلاف فى الدرجة لا فى النوع. فهما يتبعان كتاب "مدينة الله" للقديس أوغسطين *Saint Augustin* الذى كشف عن خطة الخلاص اللاهوتية فى التاريخ. لكن بوسويه وكوندورسيه صاغا خطة الخلاص فى صورة دنيوية. وظهرت "فلسفة التاريخ" كميدان منفصل فى الفترة التى بدأت بنشر الجزء الأول من كتاب يوهان جوتفريد فون هردر عن "مواد لفلسفة تاريخ البشرية" عام ١٧٨٤ . بعد ذلك قال جورج سوريل *G. Sorel* إن فلسفة التقدم هى الفلسفة التى توافق مجتمع الرفاهية. واستبقى ج. ف. ف. هيجل *G.W.F. Hegel* فى "محاضرات فى فلسفة التاريخ" عام ١٨٣٧، وماركس *K. Marx*، فكرة السير إلى الأمام وربطاه بالتقدم الاجتماعى وأكدا بأنه محتوم. فكانا من ثم يواصلان الفكر البورجوازى فى القرن التاسع عشر. أما حتمية التطور فقد عرفها أوجست كونت *Auguste Comte* أدق تعريف فى قانون الحالات الثلاث الذى وضعه عام ١٨٢٠م. مع ذلك ظلت "فلسفة التاريخ" مقرونة، إلى حد كبير، بالطريق اللاهوتية-الميتافيزيقية فى النظر إلى التاريخ. لأن هدف فلسفة التاريخ هو إدراك معنى كلى لمجرى الأحداث. لذلك فإذا كانت فكرة التقدم قد مكنت الباحثين من توليد ميدان "العلم العربي" فى تاريخ العلوم بالمعنى الحديث الذى تبلور فى القرن الثامن عشر الميلادي، فإن رشدى راشد لا يصوغ فلسفة لتاريخ العلوم، لأن فلسفة التاريخ تقتضي، فى ذاتها وجوهرها، النظر اللاهوتى للخلاص. (أنظر بهذا الشأن : خلاصة الفصل الثانى من هذا الباب.).

Fontenelle , Oeuvres choisies, pres. par P. Chambry(coll. Classiques - Larousse); J. - F. La Haye, De la philosophie au XVIIIème siècle, Genève, Slatkine Reprints, 1970 ،tome 1, Des philosophes de la première classe, section 1, Fontenelle, pp. 17-36. ; J. - R. Carré, La philosophie de Fontenelle ou le sourire de la raison, Genève, Slatkine reprints, 1970, deuxième partie, Lhomme selon Fontenelle, chapitre 4, Lصhistoire de la raison.

١٧) "الاستشراق : التاريخ والمنهج والصورة"، **I**، **مجلة الفكر العربي، معهد الإنماء العربي**، بيروت-لبنان، العدد ٣١، يناير-مارس ١٩٨٣، السنة ٥ ؛ "**الاستشراق : التاريخ والمنهج والصورة**"، **II**، **مجلة الفكر العربي**، معهد الإنماء العربي، بيروت-لبنان، العدد ٣٢، إبريل-يونيو ١٩٨٣، السنة٥ ؛ **إدوارد سعيد، "الاستشراق"، المعرفة**، السلطة، الإنشاء، نقله إلى العربية كمال أبو ديب، بيروت-لبنان، مؤسسة الأبحاث العربية، ط١، ١٩٨١؛ **د. محمد غلاب**، نظرات استشراقية فى الإسلام، من الشرق والغرب، وزارة الثقافة، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والنشر، دار الكاتب العربى للطباعة والنشر، من دون تاريخ ؛ شاخت وبوزورث، "تراث الإسلام"، القسم الأول، ترجمة د. محمد زهير السمهوري، تعليق وتحقيق د. شاكر مصطفى، مراجعة د. فؤاد زكريا، عالم المعرفة، سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطنى للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ١٩٧٨، ص ٦١-٦٤؛ رالف بارتون يري، إنسانية الإنسان، ترجمة **الخضراء الجيوسي، منشورات مكتبة المعارف**، بيروت-لبنان، ١٩٦١ . وهى ترجمة :

.Ralph Barton Perry, The humanity of man, Georges Braziller, Inc. New York, 1956

أشلى مونتاغيو، (تحرير)، ترجمة د. محمد عصفور، عالم المعرفة، **المجلس الوطنى للثقافة، الكويت، ١٩٨٢**، وهى ترجمة :

.Ashley Montague (ed.), The concept of the primitive, Free Press, New York

18) *La Science au présent 2002, Une année dactualité scientifique et technique, Encyclopedia Universalis, France, 2002, pp.262-295; Roger Caratini, Panorama encyclopédique des sciences, Paris, Belin, 1993, pp.333-364; Alphonse de Candolle (1806-1893), Histoire des sciences et des savants depuis deux siècles, Paris, Fayard, 1987, publié à Genève en 1873 (première édition), en 1885 (deuxième edition)*

يقول *Alphonse de Candolle* "إن البلدان غير المسيحية غريبة تماما عن الحركة العلمية" (ص١٢١ من الأصل الفرنسي:

Alphonse de Candolle (1806-1893), Histoire des sciences et des savants depuis deux siècles. Paris. Fayard, 1987, publié à Genève en 1873 (première édition), en 1885 (deuxième édition), p. 121:

١٩) د. طارق جلال العظم، صحيفة القدس اللندنية، الأربعاء ٢٤ أكتوبر ٢٠٠١ ؛ د. محمد عابد الجابري، "الخطاب العربى المعاصر"، دراسة تحليلية نقدية، المركز الثقافى العربي، الدار البيضاء، دار الطليعة، بيروت-لبنان، ط١، مايو ١٩٨٢ .

٢٠) ج. د. برنال، "العلم فى التاريخ"، ترجمة د. على على ناصف، ج١، بيروت-لبنان، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ط١، ١٩٨١، ص ٣٠١ .

21) *Corvisier, Sources et méthodes en histoire sociale, Paris, CDU et SEDES réunis, 1980. Les origines de la périodisation en histoire, pp. 38-44; Les coupures traditionnelles de la chronologie, pp. pp. 44* ؛٤٧-*Remise en cause des coupures traditionnelles, pp. 47-53*.

كان المستشرقون يقسمون تاريخ العلوم العربية على النحو التالي:

أ- المرحلة الأولى : ٧٥٠م؛

ب_ مرحلة النقل : ٧٥٠-٩٠٠م على وجه التقريب؛

ج- العصر الذهبى : ٩٠٠-١١٠٠م؛

د- عصر الانحطاط : ١١٠٠م فصاعدا.

وقد أوحى هذا التقسيم المعروف بأن العرب، بحلول العصر الذهبى ٩٠٠-١١٠٠م تقريبا، أخذوا يعتمدون مصادرهم ومنابع علومهم الخاصة ويتقدمون بأنفسهم. والواقع أنهم كانوا يعتمدون مصادرهم منذ كانوا يترجمون، لأنهم ما كانوا يترجمون من أجل الترجمة إنما كانوا يترجمون وفقا للمقتضيات البحثية الأصلية. لذلك رأى رشدى راشد أن البحث فى اللغة العربية العلمية، نشأة وتطورا، يمثل موضوعا "يكاد البحث لم يبدأ بعد فيه" (رشدى راشد، نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، مايو ١٩٩٨، ص ١٢١). كان القصد من الترجمة العلمية العربية القديمة "تلبية حاجات البحث العلمي" (رشدى راشد، نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، مايو ١٩٩٨، ص ١٢٣-١٢٤)، وكان المترجمون أنفسهم "من قادة الحركة العلمية، بل إن بعضهم من العلماء الخالدين على مر العصور، فمن بينهم : الحجاج بن مطر وثابت بن قرة وقسطا بن لوقا" (رشدى راشد، نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، مايو ١٩٩٨، ص ١٢٤). و"عندما ترجم ثابت بن قرة عدة كتب من مخروطات أبولونيوس -و هى أرقى ما كتب فى اليونانية- كان ذلك لحاجته إليها فى أبحاثه الرياضية، وخاصة تلك المتعلقة بحساب المساحات والحجوم. وهنا تجدر الإشارة إلى أن أبولونيوس لم يترجم حتى دعت الحاجة إليه، وذلك عندما بحث الحسن بن موسى، أستاذ ثابت بن قرة، فى حساب مساحة القطع الناقص." (رشدى راشد، نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، مايو ١٩٩٨، ص ١٢٤).

فى المقابل، رأى أرنالداز *M. Arnaldez* ولويس ماسينيون *L. Massignon* ، فى كتابهما عن "العصور القديمة والوسطى عام ١٩٥٧، كبداية لسلسلة تاريخ العلوم التى كان يشرف عليها آنذاك تاتون، أن اللغة العربية، بوصفها لغة سامية، وجهت المعارف وجهات التحليل والمنهجية الذرية والبحث فى أسباب النزول والحكمة. وتميل اللغات السامية إلى التأليف المختصر والمجرد "المتجبرن" على نقيض الميل "الآرى المهندس" . فإن البنية اللغوية هى المسؤولة عن تطور "علم البنيات الجبرية. (أنظر بشأن المقاربة السامية واللاسامية للغات والعلم : أ. ولفنسون (أبو ذؤيب)، "تاريخ اللغات السامية"، دار القلم، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨٠؛ وأنظر بشأن القرن التاسع عشر فرانكلين ل. باومر، ترجمة د. أحمد حمدى محمود، الفكر الأوروبى الحديث، من ١٦٠٠-١٩٥٠، ج٣، القرن التاسع عشر، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٨٩، ص).

22) *J. F. Momtucla, Histoire des mathématiques, Quatre tomes, Paris, Albert Blanchard, 1960*.

23) *N. Bourbaki, Algèbre commutative, chapitre 10, 1998; Eléments dhistoire des mathématiques. 1984; Eléments de mathématiques : algèbre, chapitres 1 à 3, 4 à 7 et 10, 1987; Espaces vectoriels topologiques : chapitre 1 à 5, 1981; Fonctions dune variable réelle : théorie élémentaire, 1976; Groupes et algèbre de Lie : éléments de*

mathématiques, 1989; Théories des ensembles : chapitres 1 à 4, 1990; Topologie générale, 1974; Variétés différentielles et analytiques, 1971.

24) *Jean Dieudonné (dir.), Abrégé dhistoire des mathématiques : 1700-1900, 1986; Calcul infinitésimal, 1980; Eléments danalyse, 1977; Eléments de géométrie algébrique, 1971; Introduction to the theory of formal groups, 1973; Panorama des mathématiques pures : le choix bourbachique, 1977; Pour lhonneur de lesprit humain : les mathématiques aujourdhui, 1987; Sur les groupes classiques, 1973.*

25) *Pappus dAlexandrie, Collection mathématique, Tomes 1-2, Traduit du Grec, Avec une introduction et des notes par Paul Ver Eecke, 1982.*

26) *Viète, Oeuvres complètes, Tome 1 : Algebre, Analyse, traduit du latin par Jean Peyroux ،1991, Viète, Fin des oeuvres complètes, Tome 2 : Géométrie, Calendrier Grégorien, traduit du latin par Jean Peyroux, 1992.*

27) *Kant, Prolegomena zu einer jeden kunftegen metaphysik, die als wissenschaft wird auftreten konnen, in Kant Werke, Band 5, Insel Verlag wiesbaden, 1958, $ 17, s. 161-163, $ 18, s. 163-164, $ 19, s. 164-165 .*

صحيح أن عمانوئيل كانط جدد الفلسفة. وصار قياس الصواب فى الفلسفة هو قياس الحكم، لا موضوع المدرك فى الخبرة. وقام الصواب والخطأ على الحكم على الموضوع فى الحدس المحسوس بوصفه موضوعا للتفكير. من هنا وضع عمانوئيل كانط الصواب والخطأ، الحقيقة والوهم، فى الحكم وحده، أى فى العلاقة بين الموضوع وذهننا. وصارت المعرفة التى تتوافق مع قوانين الذهن هى المعرفة الصحيحة. فالذهن لا يخطئ من نفسه. وحين يفكر الذهن بقوانينه، لابد للمعلول/المفعول الذى هو الحكم أن يتوافق معها. مع ذلك فالتوافق بين الفكر وقوانين الفكر لا يقدم لنا سوى حقيقة شكلية. وليس من شك فى أن الخيال يؤثر فى توجيه حكم الذهن توجيها خاطئا. لكن الأهم بالنسبة إلى كانط إنما هى أصول الذهن ومقولاته النى تنطبق على عالم فوق محسوس. لا يقصد كانط فى قسم "الجدل المتعالي" من "نقد العقل المحض" سوى الوهم المتعالى الذى يؤثر استعمال الأصول خارج نطاق الخبرة، خارج الإطار التجريبى للمقولات، بدعوى الوهم بمد الذهن الخالص إلى ما وراء التجربة. الأصول المحايثة هى إذن أصول الذهن الخالص التى تطبق فى حدود الخبرة الممكنة. والأصول المتعالية هى الأصول التى تخرج عن حدود الخبرة. هذه الأصول هى أصول الميتافيزيقا بالمعنى المحدود للكلمة. يُقال عن الأصول إنها متعالية لأنها تطبق فى صورة متعالية.

و ليس لأصول الذهن الخالص التى عرض لها عمانوئيل كانط فى التحليلات المتعالية فى كتابه–العمدة "نقد العقل الخالص" *Kritik der reinen Vernunft (1781)* سوى استعمال تجريبى من دون الاستعمال المتعالي، أى من دون الاستعمال الذى يجاوز حدود الخبرة. والقضايا الأساسية التى تنبع من مبدأ المطلق تتعالى على الظواهر كلها، أى أنه من المحال استعمالها استعمالا تجريبيا صحيحا. وتختلف هذه الأصول إذن تماما عن أصول العلم أو الذهن حيث استعماله محايث تماما. لأن الأصول الميتافيزيقية لا تؤصل إلا لإمكان الخبرة. بعبارة أدق، صار قياس الصواب هو التطابق أو عدمه بين الحكم والموضوع المحسوس. ولم يعد قياس الصواب يقوم فقط على التطابق بين الفكر ونفسه. فالتطابق بين الفكر ونفسه لا يقدم للمرء سوى قياسا شكلانيا خالصا للصواب. وصارت زاوية النقد عند عمانوئيل كانط تقوم على الاستعمال فوق المحسوس لمقولات الذهن. فالوهم المتعالى يقوم على إجراء أو تشغيل متعالى وغير محايث لمقولات المعرفة ومبادئها. والتبست الأصول بين أصول المعرفة والأصول العقلية، وأصبح موضوع نقد الميتافيزيقا عند عمانوئيل كانط هو تفكيك الروح الإنساني.

28) *Pierre Duhem, Le Système du Monde, Tome 2, Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic, Paris, Hermann, 1965, pp. 117-392.*

لبيار دوهيم "الكوزمولوجيا فى العصور الوسطى : نظريات اللانهاية، المكان، الزمان، الفراغ، وتعدد العوالم"، و"الهدف من النظرية الطبيعية وتركيبها"، و"إنقاذ الظواهر : بحث فى فكرة النظرية الطبيعية من أفلاطون إلى جاليليو"، وكتب ر. ن. مارتن، "بيار دوهيم : الفلسفة والتاريخ فى عمل فيزيائى مؤمن"، و" العلم الألماني"، وغيرها من المؤلفات المرجعية الأساسية.

فى مقابل نظرية بيار دوهيم العنصرية حول عجز العلم العربي، ، قال بيار روسو فى كتابه عن تاريخ العلم إن العلم العربى لم يقتصر على نقل مجرد من الابداع للعلم الهلنستي.

Pierre Rousseau, Histoire de la science, Paris, Fayard, 1945, Le flambeau de la science passe aux mains des Arabes, pp. 125-128.

كذلك اعترف شارل سينجر، تمثيلا لا حصرا، بأصالة الحسن ابن الهيثم، فى :

Charles Singer, Steps leading to the invention of the first optical Apparatus, in Studies in the history and method of Science, Charles Singer (ed.), 2 volumes, Arnopress, New York, 1975, t. 2, pp. 391-413.

كما اعترف البحث الحديث فى تاريخ العلوم بالدور الجوهرى الذى قام به العلم العربى فى تاريخ العلم بوجه عام، وذلك بحسب ما يبدو فى عمل العالم ميشيل سير الجماعي:

Paul Benoit et françoise Micheau, Sixième bifurcation : un ou plusieurs héritages? Une ou plusieures transmissions?, pp. 151-175, in Michel Serres (dir.), Eléments dhistoire des sciences, Paris, Bordas, 1989.

Vasco de Magalhaes-Vilhena, Anciens et modernes, Etudes d'histoire sociale des idées, Paris, Klincksieck, 1986.

29) *Alexandre von Humboldt, Uber die Verschiedenheit des meuschlichen Sprachbaues und ihren Einfluss auf die geistige Euturcklung des menschengeschlechts, 1836.*

30) *A.A. Cournot, Considérations sur la marche des idées et des événements dans les temps modernes, in Oeuvres complètes, tome 4, Paris, Vrin, 1973; Traité de lenchaînement des idées fondamentales dans les sciences et dans lhistoire, Livre I, Lordre et la forme, chapitres I-VIII, Livre V, Lhistoire et la civilisation, chapitres I-VII, in Oeuvres complètes, tome 3, Paris, Vrin, 1982; Oeuvres complètes ،Vrin, commentées, Paris, 1843, Exposition sur la théorie des chances et des probabilités, par M. Rashed, Genève, en 1873 (première édition), en 1885 (deuxième edition)*

٣١) رشدى راشد، "تاريخ العلم والعطاء العلمى فى الوطن العربي"، مجلة المستقبل العربي، ١١، ١٩٨٥ ص ٣٩؛ تصور العلم الغربي، الآثار الإنسانية للتقدم العلمي، الناشر أ.ج. فورب، ادنبورج، ١٩٧٨، ص ٤٥-٥٤ . وقد كتبه رشدى راشد فى الأصل فى اللغة الفرنسية ثم تمت الترجمة الإنجليزية تحت عنوان العلم بوصفه ظاهرة غربية، العلوم الأساسية، ١، ١٩٨٠، ص ٧-٢١ . ثم تمت الترجمة العربية فى مجلة المستقبل العربي، ٤٧، ١٩٨٣، ص ٤-١٩؛ نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، ١٩٩٨، ص ١٢١-١٣٨ .

٣٢) ماكس مايرهوف، "العلوم والطب"، فى موسوعة : سير توماس ارنولد، "تراث الإسلام"، ترجمة جرجيس فتح الله، دار الطليعة، بيروت، ط٢، ١٩٧٢، ص ٤٤٧-٤٤٨؛ أنظر أيضاً : د. مصطفى محمود سليمان، "تاريخ العلوم والتكنولوجيا"، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩٥، ص ٢٩٨-٣٢٦ ؛ ف. ج. أفاناسييف، الثورة العلمية والتكنولوجية، أثرها على الإدارة والتعليم، ترجمة موسى جندي، القاهرة، دار الثقافة الجديدة، ط١، ١٩٧٦.

٣٣) الخوارزمي، "كتاب الجبر والمقابلة"، تقديم وتعليق على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد، القاهرة، دار الكاتب العربى للطباعة والنشر، ١٩٦٨، ص ١٦-١٧ .

٣٤) روز بول، "تاريخ الرياضيات"، الترجمة الفرنسية، باريس، ١٩٢٧، ص ٢٣٩-و ما بعدها.

٣٥) القلصادي، "كشف الأسرار عن علم حروف الغبار"، تحقيق د. محمد سويسي، بيت الحكمة، قرطاج، تونس، ١٩٨٨ ، ص ٩٠-٩١ .

الباب الثانى :

تاريخ الرياضيات العربية

" فى تاريخ الرياضيات، لا يكفى أن نكشف عن نظرية جديدة إنما ينبغى أن نكشف عن مجال تطبيقها، حتى تدخل التاريخ من بابه الأوسع"

رشدى راشد

الفصل الأول

الحقول العلمية الجديدة

"لا يكفى ، كما هو معروف ، لتعريف مشروع ، أيًا كان ، أن ينطق بأهدافه النظرية ، بل ينبغى أن يعرف من خلال المشكلات العملية التى لابد أن تعترضه والتى ينبغى أن يحلها"

رشدى راشد

أ- بدايات علم الجبر

بينا فى الباب السابق برهان رشدى راشد أن الطريق، فى تاريخ العلوم، إلى الكشف العلمى ليست طريقا مباشرة ولا طريقا قصيرة. وأما عن دائرة الكشف العلمى فهى ما يمكن أن يشاهد بطريق غير مباشرة. وأما عن المنهج فإن العالِم يستخدم فى بحثه نتائج خبرته المباشرة بالمخطوطات العربية القديمة من طريق الحواس كما يستخدم التفكير الرياضى والتاريخى والفلسفى المنظم. فأما عن الغرض فهو الوصول إلى معرفة رياضية-تاريخية-فلسفية أخرى. لكن عندما نبحث عن الشروط العربية لتقدم العلوم بعامة، سرعان ما نتوصل إلى هذه القناعة بأنه ينبغى طرح مسألة المعرفة العلمية العربية بلغة المسائل.

ليكن الأمر كذلك. وليكن أن رشدى راشد قد رسم ، كما بينا فى الباب السابق، خطه للبحث. تتوافر فيه عناصر الطريقة الحديثة وتتوافر فيه شرائطه. ولكن يصح لنا أن نتساءل ما هى الأدلة على أن رشدى راشد قد طبق هذه الخطة فى بحوثه وسلك سبيلها عملاً وفعلاً ؟ فإن وضع الخطط شئ وتنفيذها شئ آخر.

بحث رشدى راشد، إذن، فى حقل العلوم وفلسفتها فى الفترة الكلاسيكية من مدرسة الإسكندرية إلى منتصف القرن السابع عشر. وقد أدت هذه البحوث والدراسات إلى تغيير مجموعة من التصورات الشائعة حول الرياضيات العربية كما صاغها المثقفون العرب والغربيون على حد سواء.

أولا : محمد بن موسى الخوارزمى أو إنشاء علم الجبر

نشر على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى احمد، عام ١٩٣٧، فى مصر، كتاب "الجبر والمقابلة" للخوارزمي[١] وعلقا عليه. والنسخة التى نشرها على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد عبارة عن نسخة محفوظة باكسفورد بمكتبة بودلين. وهذه النسخة كتبت فى القاهرة (و فرغ من نسخ المخطوطة فى يوم الأحد

١٩ من المحرم سنة ٧٤٣ هجرية) ، أى أن النسخة كتبت بعد موت الخوارزمى بنحو ٥٠٠ سنة. وهذه النسخة العربية المحفوظة من كتاب الخوارزمى لم تنشر آلا عام ١٨٣١، قام بنشرها فردريك روزن، وطبعت بلندن ونشر معها ترجمة إنجليزية وتعليق إنجليزى ونشر مار*Marre* ترجمة فرنسية لفصل من كتاب الخوارزمى الذى يبحث في المساحات وبنيت هذه الترجمة على نسخة روزن العربية. وفى سنه ١٩١٥ نشر كاربنسكى ترجمة عن نسخة لاتينية ترجمها روبرت اوفتشستر عن الأصل العربي. وعام ١٩٣٧ نشر على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد لأول مرة الأصل العربى مشروحا ومعلقا عليه ومقدما له.

وأصل محمد بن موسى الخورزمى من خوارزم، وكان منقطعا إلى خزان' الحكمة للمأمون، وهو من علماء الهيئة، وله من الكتب كتاب الزيج نسختين أولى وثانية وكتاب الرخامة وكتاب العمل بالاسطرلابات وكتاب عمل الاسطرلاب وكتاب التاريخ.

ولا يعلم على وجه التحقيق تاريخ ولادة الخوارزمى ولا تاريخ وفاته، إلا أن عمل الخوارزمى فى مكتبة المأمون، الذى حكم من سنة ٨١٣ بعد الميلاد ، يدلنا على عصر اشتغال الخوارزمى بالعلم.

ألف الخوارزمى كتاب الحساب وكتاب الجبر، وكتاب في تقويم البلدان شرح فيه آراء بطليموس، وكتاب رابع جمع بين الحساب والهندسة والموسيقى والفلك. وفى رسالة ألفها نللينو عن الخوارزمى وتجديده لجغرافية بطلميوس أن هذا التجديد لا يعتبر مجرد تقليد للآراء الإغريقية بل بحث كاتب أوربى من مؤلفى ذلك العصر. هو واضع علم الجبر، وكان محمد بن موسى أحد الذين كلفهم المأمون بقياس درجة من درجات محيط الكرة الأرضية. ولما كان أكبر بنى موسى[٢] هو محمد فأغلب الظن أنه محمد بن موسى الخوارزمى أما أبو جعفر فكنيته. ولا شك فى أن محمدا بن موسى الخوارزمى كان مشهورا عند العرب كعالم فى الجبر، فكثيرا من المؤلفين المتأخرين كأبى كامل بن أسلم (حوالى سنة ٩٢٥ ميلادية) يعترفون للخوارزمى صراحة كمرجع من مراجعهم كما أن عمر بن إبراهيم الخيام (١٠٤٥-١١٢٣ ميلادية) يقتبس من ابن موسى دون ذكر المرجع.

وصار اسم الخوارزمى كلمة دخلت معاجم أغلب لغات العالم. فكلمة الجورذم ***Algorithm*** التى هى تحريف لاسم الخوارزمي، للدلالة على الطريقة الوضعية فى حل المسائل كما أن الشاعر الإنجليزى تشوسر يستخدم كلمة أوجرم ***Augrim*** للدلالة على الصفر إنما وصلت إلى الغرب من طريق الحساب الهندية بما فى ذلك استخدام الصفر إنما وصلت إلى الغرب عن طريق كتاب الخوارزمى فى الحساب. كما أن اسم علم الجبر فى جميع لغات العالم مشتق من الكلمة العربية الجبر وهى التى استخدمها الخوارزمى اسما على كتابه. وكانت الأعداد ١،٢،......،٩،٨. إلى أوائل القرن الثامن عشر تسمى باللاتينية الجورزمس ***Algorismus*** كما أن الكلمة الأسبانية التى معناها الأعداد أ، الأرقام هى جوارزمو*guarismo* وقد تعلم الغربيون علم الحساب عن

كتاب الخوارزمى فى الحساب مترجما إلى اللاتينية، منها كتاب كارمن دى الجورزمو *Carmen de Algorismo* الذى وضعه اسكندر دى فيلادى *Alexander de Villa Die* حوالى ١٢٢٠ ميلادية وكتاب الجورزمس فالجارس (*Algorismus Vulgaris*) لمؤلفه جون اوف هاليفاكس (*John of Halifax*) حوالى ١٢٥٠ ميلادية[٣].

و قد درس رشدى راشد بغداد فى بداية القرن التاسع الميلادي/القرن الثالث الهجرى حين بلغت حركة ترجمة التأليف الرياضية الهلنستية الكبرى أوجها. فى هذا الدور بلغت الترجمة آخر مراحل نضجها، بل وفى مستوى من التمام لم تبلغه طيلة قرون من تاريخها. كان ذلك زمن المأمون وخلفاء بنى العباس. ولعل حنين بن اسحق العبادي، ويوحنا بن ماسويه، ويعقوب ابن اسحق الكندي، وعمر بن الفرخان الطبري، هم من أشهر نقلة تلك المرحلة. وفى هذا الدور تقاطر إلى بغداد المترجمون من أنحاء العراق والشام وفارس وفيهم النصارى النساطرة والنصارى اليعاقبة والصابئة -أصحاب الديانة الطبيعية- والروم والمجوس والبراهمة- الكهنة الهنود-، يترجمون من اليونانية والفارسية والهندية وغيرها من اللغات، وكثر فى بغداد الوراقون، وباعة الكتب، وتعددت مجالس الأدب والمناظرة، وأصبح الهم العام البحث والمطالعة، وظل ذلك التجديد متصلا حتى نقلت أهم كتب القدماء إلى العربية. كان النقلة فى الغالب من النساطرة المسيحيين، وممن له التسلط فى اللغات : الإغريقية، والسريانية، والعربية، وفى الغالب الفارسية. وأغلب هؤلاء النقلة كانوا ينقلون فى أول أمرهم إلى اللغة السريانية ثم من السريانية إلى العربية. وكانت الترجمات السريانية تعمل خصيصا للتلاميذ النصارى. أما العربية منها فقد خصصت للخلفاء والوزراء ولبعض الأسر العربية اللامعة. وكان الخليفة المأمون[٤] (١٩٨-٢١٨هـ/٨١٣-٨٣٣م) من أشهر خلفاء بنى العباس اهتماما بحركة الترجمة فى هذا القرن. وكان بيت الحكمة أحد السبل المهمة التى حققت أهداف الترجمة.

و كان يقود الترجمات علماء الرياضيات أمثال ثابت ابن قرة (ت٢٨٧هـ-٩٠١م). وكان صيرفيا بحران، استصحبه محمد بن موسى بن شاكر، لما انصرف من بلد الروم لأنه رآه فصيحا، فوصله بالخليفة المعتضد وأدخله فى جملة المنجمين. فلثابت ابن قرة مكانة ممتازة بين من نقحوا الترجمات العربية للكتب الرياضية. وقد أضاف بعدا مغايرا للاهتمام بالعلم اليوناني. فقد كان ثابت ابن قرة من أهل حران وهى مدينة كاراى القديمة، التى تشبث فيها العامة بوثنيتهم القديمة، وإن كانت الآلهة التى تعبد فيها تحمل بعض الأسماء اليونانية. وكانت حران تقع فى وسط منطقة الثقافة السريانية المسيحية، بين مدينتى الرها ورأس عين على نهر بلياس وهو رافد صغير من روافد الفرات الأعلى. واشتهرت بلغتها الآرامية الفصحى. وقد تعود فصاحتها إلى تحررها النسبى من المؤثرات العبرية والمسيحية، وإن كان أسقف مسيحى يعد حران مركز كرسيه الأسقفي. وكانت حران متصلة بالتجديد العلمى اليونانى الذى أثر فى الكنيستين النسطورية واليعقوبية

معا. وكانت ثقافتها مطبوعة بطابع الأفلاطونية الحديثة. وكانت المدينة الوثنية تتمتع بالحرية الدينية فى ظل الحكم الإسلامي.

و كانت الأبحاث العلمية المتقدمة حافزا للترجمات. فقد كانت ترجمة قُسطا ابن لوقا البعلبكي[٥] (المتوفى سنة ٩١٢-٩١٣) -وهو أحد النقلة البارزين من نصارى الشام فى القرن الثالث الهجرى فى اللغتين اليونانية والعربية- لكتاب علوم العدد لديوفنطس نحو عام ٨٧٠، تمثيلا لا حصرا، بدافع البحث الدائر آنذاك حول التحليل الغير المحدد أو التحليل الديوفنطسى العقلى أو المسائل السيالة *INDETERMINES*، والتى قسمها بن سنان قسمين: المسائل السيالة *INDETERMINES* حصراً، والمسائل السيالة *INDETERMINES* المحدودة. كما كان البحث نفسه يقف وراء ترجمات المرايا المحرقة لديوقليس أو أنثيميوس الترالي. وقد مثلت الترجمة مرحلة مهمة من مراحل انتشار الرياضيات الهلنستية فى اللغة العربية، فى ذلك الحين وذلك المكان -بيت الحكمة فى بغداد.

١-١- هدف كتاب "الجبر والمقابلة"

ألف الخوارزمى (٢٢٩هـ-٨٤٧م) الكتاب المختصر فى الجبر والمقابلة الذى كان جديدا من حيث الموضوع ومن جهة الأسلوب[٦] . فى كتابه الجديد نقرأ للمرة الأولى أن الجبر علم رياضى متميز ومستقل. ففى "الجبر والمقابلة" يبدو الجبر لأول مرة فى التاريخ نظاما مستقلا ومعروفا بهذا الاسم. كان ذلك الكتاب- الأم كتابا حاسما بالنسبة إلى معاصرى الخوارزمى وبالنسبة للتاريخ. كان كتابا حاسما من جهة أسلوب الخوارزمى فى الرياضيات ومن جهة الموضوع الذى يطرحه الخوارزمى ومن جهة تعدد الإمكانات التى فتحها منذ ذلك الحين إلى اليوم. كان الأسلوب خوارزميا وبرهانيا فى آن. لذلك كان هدف الخوارزمى متعددا. كان هدفه السبق إلى ما لم يكن مستخرجا قبله فورثه من بعده، إذ مَثَّل كتاب الخوارزمي، الجبر والمقابلة، مصدر إلهام لا للرياضيين العرب والفرس وحسب -عبد الحميد ابن ترك، ثابت بن قرة، الصيداني، سنان بن الفتح، أبو كامل، أبو الوفا البوزجاني، تمثيلا لا حصرا- إنما للرياضيين اللاتين والأوروبيين الغربيين حتى القرن الثامن عشر للميلاد. لذلك فهذا النظام الجبرى متميز عن الحساب اليوناني. فإن الرياضيين -ابن ترك وأبو كامل وابن الفتح، تمثيلا لا حصرا- طوروا، منذ عهد الخوارزمي، هذا النظام الجبرى النوعي.

وكان هدفه كذلك شرح ما أبقى الأولون مما كان مستغلقا فأوضح طريقة وسهل مسلكه وقرب مأخذه. كان هدفه من جهة ثالثة الكشف فى بعض الكتب عن بعض الخلل لإصلاحه. وقد شجعه الإمام المأمون أمير المؤمنين على إيضاح ما كان مبهما وتسهيل ما كان مستوعرا فى الجبر والحساب والمقابلة. لذلك ألف فى الحساب ما يلزم الناس من الحاجة إليه فى مواريثهم ووصاياهم وفى مقاستهم وأحكامهم وتجاراتهم، وفى جميع

ما يتعاملون به بينهم من مساحة الأرضيين وكرى الأنهار والهندسة وغير ذلك من وجوهه وفنونه. ولما نظر فيما يحتاج أليه الناس من حساب وجد جميع ذلك عددا. ووجد جميع الأعداد إنما تركبت من ١ و ١ داخل فى جميع الأعداد. ووجد جميع ما يلفظ به من الأعداد ما جاوز ١ إلى ١٠ يخرج مخرج ١ ثم تثنى ١٠ وتثلث كما فعل بالواحد فتكون منها ٢٠ و٣٠ إلى تمام ١٠٠ . ثم تثنى ١٠٠ وتثلث كما فعل فى ١ و١٠ إلى ١٠٠٠ ثم كذلك تردد ١٠٠٠ عند كل عقد إلى غاية المدرك من العدد.

بعبارة أخرى، قد كان هدف الخوارزمى هو صياغة نظرية للمعادلات الجبرية التى تقبل الحل بالجذور. ومع أن كتاب "الجبر والمقابلة" فقير من جهة الكتابة الرمزية التقنية إذا ما قيس بالأعمال الرياضية اليونانية فإن كتاب "الجبر والمقابلة" لا يمكن رده إلى الأعمال اليونانية القديمة ولا القديمة المتأخرة.

١-٢- خطة كتاب "الجبر والمقابلة"

خصص الخوارزمى القسم الأول النظرى لحساب الجبر والمقابلة، أى إنشاء مفرداته الأولية وتصوراته. وأسس الخوارزمى فى القسم الثانى للطرق المنتظمة التى تؤسس بدورها لإعادة مسائل العمليات الحسابية جميعها إلى أنواعها الجبرية الأساسية. وعالج فى الأقسام الأخيرة كيفية تطبيق هذا الحساب على المعاملات التجارية ومسح الأراضى والقياسات الهندسية والوصيات. من هنا بدا الجبر، بدئيا، علما نظريا وتطبيقيا فى آن واحد فى مجالى الأعداد والهندسة المترية. وصار الجبر مجاز "الحساب". والمجاز أو *Metaphor* فى اللغة الإنجليزية أو *Métaphore* فى اللغة الفرنسية أو *Metaphorikos* فى اللغة اليونانية الحديثة أو *Metaphora* فى اللغة اللاتينية، اسم مكان، فى اللغة العربية، من جاز الطريق إذا قطع جوزه أى : وسطه وانتهى لغايته. ويعود كون الجبر "مجاز" الحساب إلى سببين: صار من الممكن تطبيق قواعد الحساب على الأشياء العددية والهندسية بمفردات الجبر الأولية : العدد، المجهول، مربع المجهول. وظهرت منذ البداية إمكانات الجبر التطبيقية، وتلبيته للحاجات العملية للحساب. وصار الجبر علما يقينيا وعمليا فى آن واحد، يتناول الأعداد والمقادير الهندسية معا. ولا يتعلق جبر الخوارزمى بأى تراث "حسابي" سابق على تراث ديوفنطس الحسابي.

عند الخوارزمى نوعان من المفردات الأولية :

١-٣-١ المفردات الجبرية البحتة

كشف الخوارزمى عن الأعداد التى يحتاج أليها فى حساب الجبر والمقابلة على ثلاثة ضروب وهى :

أ- **الجذور** : فالجذر منها كل شى مضروب فى نفسه من الواحد وما فوقه من الأعداد وما دونه من الكسور؛ المجهول المسمى تارة بالجذر أو الشيء؛ س

ب- **الأموال** : المال كل ما اجتمع من الجذر المضروب فى نفسه؛مربع الشيء أو المال؛ $س^٢$

ج- **العدد المفرد الذى لا ينسب إلى جذر ولا إلى مال** : وهو كل ملفوظ به من العدد بلا نسبة إلى جذر ولا إلى مال؛ الأعداد النسبية الموجبة.

فمن هذه الضروب الثلاثة :

أ- المعادلات التى تحتوى على حدين أثنين من هذه الحدود، فعدد أشكالها الثلاثة على الترتيب:

١- أ $س^٢$ ب س = س:

وشرح الخوارزمى طريقة حل المعادلة بأمثلة عددية، واقتصر على الكميات الموجبة المحدودة.

٢- أ $س^٢$ = ح:

وشرح الخوارزمى طريقة حل المعادلة بأمثلة عددية، واقتصر على الكميات الموجبة المحدودة.

$س^٢$ = ٩ فهو $س^٢$ وس =٣ وكقولك ٥ $س^٢$ = ٨٠؛ $س^٢$ = (٨٠/٥) = ١٦

وشرح الخوارزمى طريقة حل المعادلة بأمثلة عددية، واقتصر على الكميات الموجبة المحدودة.

س = ٣ ، $س^٢$ = ٩. وكقولك ٤ س = ٢٠، س = ٥ و$س^٢$ = ٢٥ وكقولك ٢/١ س = ١٠، س = ٢٠ و$س^٢$ = ٤٠٠ .

وكشف الخوارزمى عن هذه الضروب الثلاثة، تقترن فيكون منها ثلاثة ضروب مقترنة من المعادلات من الدرجة الثانية وهى :

أ $س^٢$ + ب س = ح؛ أ $س^٢$ + ح = ب س، ب س + ح = أ $س^٢$.

ثم بين الخوارزمى قاعدة حل كل من هذه الأنواع شارحا ذلك بأمثلة عددية.

٢$س^٢$ + ١٠ س = ٤٨ $س^٢$ + ٥ س = ٢٤

س + ح = $س^٢$

من هنا فقد كشف الخوارزمى عن أنَّ كل ما يعمل به من حساب الجبر والمقابلة لابد أن يخرجك إلى أحد الأبواب الستة التى وصفت فى كتاب "الجبر والمقابلة":

$$=, \sqrt{}, /, x, \pm$$

١-٣-٢- المفردات المشتركة بين الجبر والحساب :

فعند الخوارزمى تصورات أساسية : المعادلة من الدرجة الأولى والثانية؛ ثنائية الحد وثلاثيات الحدود المقترنة بها؛ الشكل المنتظم؛ الحل بطريق الحساب؛ قابلية البرهنة لصيغة الحل. وقد احتفظ الخوارزمى بثلاث معادلات ثنائية الحدود وبثلاث معادلات ثلاثية الحدود:

$$ax^2 = bx,\ ax^2 = c,\ bx = c\ ;\ ax^2 + bx = c,\ ax^2 + c = bx,\ ax^2 = bx + c$$

و تميز عمل الخوارزمى فى "الجبر والمقابلة" عن اللوحات البابلية وحساب ديوفنطس. فهو لم يقصد إلى سلسلة من المسائل واجبة الحل، بل قصد عرضا ينطلق من مفردات أولية شكلت بوضوح الغرض الفعلى للدراسة. ومن جهة ثانية فإن فكرة المعادلة تظهر لذاتها منذ البداية وعلى نحو عام بحيث إنها لا تقوم فى أثناء حل مسألة من المسائل المعروضة، بل إنها مقصودة لنفسها لترمز إلى "نوع لانهائى من المسائل". ثم صعد الخوارزمى إلى المرحلة الثانية من التعميم وأدخل تصور الشكل المنتظم، أى تصور رد منظم لكل معادلة إلى شكلها المنتظم المكافئ. وبلغ معادلات ثلاثيات الحدود :

$$x^2 + px = q\ x^2 = px + q\ x^2+q = px$$

إذن أعد الخوارزمى التصورات لوضع صيغ حساب الحلول. وقارب الحالات الثلاث. ويجاوز البرهان حدود القيم العددية الخاصة. وضرب رشدى راشد مثلا بالمعادلة الأولى من المعادلات الثلاث. ولتكن $p = 10$ و $q = 39$. ولقد حصل فى هذه الحالة على :

$$x = [(p/2]^2 + q\,]^{1/2} - p/2$$

و يحصل بالتوالى فى الحالتين الأخريين على :

$$x = p/2 + [(p/2)^2 + q]^{1/2}$$

وإذا كان : $(p/q)^2 > q,$ فإن :

$$x = p/2 \pm [(p/2)^2 - p]^{1/2}$$

ويبن، فى هذه الحالة، (٣) :

إذا كان $q = (p/2)^2$ وإذا كان $q > (p/2)^2$ فالمسألة مستحيلة.

و برهن الخوارزمى عن غير طريق الجبر الصيغ المختلفة. واستعان فى ذلك البرهان بالأشكال الهندسية. وتوسل بتساوى المساحات. وقدم كلا من البراهين بوصفها "علة" للحل. صار لكل حالة برهان، بل لكل ضرب من المعادلات برهانين. من هنا تميزه عن البابليين وديوفنطس جميعا. جميع المسائل الجبرية ترد إلى معادلة ذات مجهول واحد من الدرجة الثانية على الأكثر، وذات معاملات نسبية موجبة. وهى المعادلة الوحيدة المقبولة فى كتاب الجبر والمقابلة للخوارزمي. فالعمليات الجبرية نقل ورد لأحد طرفى المعادلة. والحل اختيار أى لوغارتمية –برهان قبل هندسي– لكل ضرب من ضروب المسائل. فقد أخذ الخوارزمى على عاتقه دراسة الحساب الجبرى بحد ذاته، أى دراسة خصائص ثنائيات الحد وثلاثيات الحدود المترافقة مع المعادلات المذكورة فى القسم الأول من كتاب الجبر والمقابلة. ودراسة خصائص ثنائيات الحد وثلاثيات الحدود المترافقة مع المعادلات المذكورة فى القسم الأول من كتاب الجبر والمقابلة، هى المحاولة الأولى التى خصصها عالم من العلماء للحساب الجبرى بحد ذاته. فلا تظهر عناصر الحساب الجبرى من خلال الحل لمسائل مختلفة، بل صارت عناصر الحساب الجبرى هدفا لفصول مستقلة نسبياً.

نهضت إذن فكرة الجبر عند الخوارزمى على البحث عن نظرية المعادلات الخطية والتربيعية ذات المجهول الواحد وحساب أولى على ثنائيات الحد وثلاثيات الحدود المترافقة معها. ووحده الحل بالجذور يجيب عن شروط الخوارزمي. ومن المحال أن نجد نظرية كهذه قبل الخوارزمي. صحيح أننا قد نجد هذا التصور أو ذاك من تصوراته فى نص معين من النصوص القديمة أو المتأخرة. ولكن لم تظهر جميعها. ولم ترتبط ببنية كبنية الخوارزمي. وتفسر هذه البنية النظرية المعدة الفقر الظاهرى لتقنية جبر الخوارزمى وتجديده المقصود للمصطلحات. من هنا فقد كان الخوارزمى هو من صاغ وحدة الجبر من جهة شمولية الكائن الرياضى ومن جهة شمولية عملياته. وهو من فتح الأفق لحَسْبَنة الجبر. وبالتالى فهو الذى جدد فى "نوع معقول" من أنواع الرياضيات المعقولة نفسها.

ثانيا : الكرَجى أو البداية الثانية للجبر

للكرَجى (المتوفى فى بداية القرن الحادى عشر الميلادي) موقع فريد فى تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها. فقد صاغ النظرية الوحيدة، من بعد الخوارزمى وابن الفتح وأبى كامل، فى الحساب الجبرى عند العرب. كانت غاية الكرَجى هو "البحث عن سبل لتحقيق استقلالية وخصوصية الجبر كى يصبح بمقدوره، بشكل خاص، الاستغناء عن التمثيل الهندسى للعمليات الجبرية، فالقضية تتعلق فى الواقع ببداية جديدة للجبر

وذلك بتطبيق منهجى لعمليات الحساب على $[0,\alpha]$حَسْبنة الجبر هذه تستند إلى جبر الخوارزمى المطور من قبل أبى كامل وكثيرين غيره، بالإضافة إلى كتاب المسائل العددية لديوفنطس المشروح والمطور من قبل الرياضيين العرب أمثال أبى الوفاء البوزجاني. بالاختصار، فإن اكتشاف وقراءة مؤلف ديوفنطس فى ضوء التصورات والوسائط الجبرية الخاصة بالخوارزمى وغيره من الجبريين العرب مكنت من انطلاقة جديدة فى الجبر مع الكَرَجى كاتب أول عرض جبرى فى متعددات الحدود."(٧).

كانت غاية الكَرَجى إذن، هى توسيع الحساب الجبري. وأكمل الكَرَجى مشروع تطبيق العمليات الحسابية على المفردات والعبارات الصماء. تلك كانت المسألة إلى طرحها الكَرَجى واستعملها السموأل. أفضى هذا المشروع إلى معرفة أفضل بالبنية الجبرية للأعداد الحقيقية. لقد درس الجبريون-الحسابيون البنية الجبرية لمجموعة الأعداد الحقيقية R وإن لم يحاولوا بناء مجال الأعداد الحقيقية R. لكن التقدم أصاب مجالا جبريا آخر، جدده فيما بعد، الخيام وشرف الدين الطوسي.

وضمن تراث هذا الجبر، استطاع الكَرَجى والسموأل أن يوسعا عملياتهما الجبرية إلى الكميات الصماء. وكانت نتيجـــة هـــذا المشـــروع هـــو التفسير الجديد للمقالة العاشرة من كتاب "الأصول" الذى وضعه أقليدس (٢٨٣ق. م.) حوالى سنة ٣٠٠ قبل الميلاد، ذلك الكتاب الذى اقتصر على الهندسة فى نظر أغلب علماء الرياضيات بعامة، والكَرَجى وابن الهيثم بخاصة.

جمع أقليدس، فى كتاب "الأصول" الذى وضعه أقليدس (٢٨٣ق. م.) حوالى سنة ٣٠٠ قبل الميلاد، القضايا أو الأشكال الأساسية (الأصول) التى توصل إليها أسلافه فى بحوث الهندسة والعدد، وأضاف إليها براهين من عنده فى بعض الأحيان، ورتب كل ذلك ترتيبا شاملا جديدا كان له أثر عميق فى تاريخ الرياضيات بوجه عام وتاريخ الهندسة بوجه خاص. والكتاب يجمع الرياضيات الأولية. ولم يكن له منازع فى العالم الوسيط الإسلامي. عرف كتاب أقليدس فى العالم الإسلامى بأسماء عدة : كتاب "الأركان"، هذا اسمه بين حكماء يونان، وسماه من بعده الروم باسم "الاسطقسات"، وسماه العرب باسم "الأصول." وكذلك أطلق على الكتاب اسم جومطريا، أى "أصول الهندسة". هو إذن كتاب الأصول أو أصول الهندسة أو أصول الهندسة والحساب. وقد كان كتاب "الأصول" من أوائل الكتب الرياضية التى ترجمها العرب عن اللغة اليونانية. وكتاب "الأصول" كما وضعه أقليدس يشتمل على ثلاث عشرة مقالة. فى إطار تقليد الكَرَجى صارت تصورات المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" جزءا من علم الجبر.

صارت مهمة الجبر الخاصة، حسب الكَرَجي، هى استخراج المجهولات من المقدمات المعلومة. "فغرض الجبر فى الواقع هو تبيان كيفية استخراج الكميات المجهولة بواسطة الكميات المعلومة عن طريق تحويل

المعادلات المعروضة. فالقضية تتعلق بمهمة تحليلية بشكل واضح. من هنا يفهم التوسيع للحساب الجبرى المجرد ويفهم أيضا لماذا لم يلبث أن قرن الجبر بعد الكَرَجى بالتحليل وقوبل بطريقة ما بالهندسة محققا بذلك استقلاليته الذاتية [...] من جهة، هناك العمليات الضرورية لإرجاع مسألة معينة إلى شكل معادلة، أو بدقة أكثر إلى أحد النماذج القانونية المنصوصة من قبل الخوارزمي، ومن جهة أخرى هنالك عمليات ضرورية لإعطاء حلول خاصة، أى قوانين." (٨). وتوصل الكَرَجي، للمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات، إلى صياغة طريقة عامة فى حال المعاملات الموجبة وحدها. وكانت هذه الطريقة هى أساس حل السموأل لمسألة كثيرة الحدود ذات المعاملات النسبية وغيرها من المشكلات العديدة.

ثالثا : بدايات الجبر فى القرنين العاشر والحادى عشر

يروى تاريخ الجبر الكلاسيكى ثلاثة أحداث متتابعة وكأنها منفصلة وهى : تشكيل نظرية المعادلات التربيعية لدى الخوارزمي، والحل العام تقريبا للمعادلة التكعيبية لدى رياضيى المدرسة الإيطالية وبصورة خاصة ترتاجليا وكاردان، وإدخال وتوسيع الرمزية الجبرية لدى فيات ورنيه ديكارت. أما رشدى راشد فقد ربط تاريخ الجبر بالحساب الجبرى المجرد. لذلك عاد رشدى راشد إلى التقاليد الرياضية نفسها كى يدعم فكرة أن الجبر الكلاسيكى قد جدد نفسه منذ نهاية القرن العاشر الميلادي. وأمكن رشدى راشد تحديد تقليدين رياضيين ارتبط بهما الجبر : الأول هو التقليد الحسابى أو "الصناعة العلمية". وينطوى التقليد الحسابى على نظرية الأعداد وعلى صناعة الحساب. وقد عاد هذا التطوير إلى علماء الرياضيات العرب أنفسهم بَعْدَ ترجمة المسائل العددية لديوفنطس. ولإتمام ذلك استفاد الكَرَجى وأتباعه من التطوير ومن الجبر ومن طريقة تطبيق الجبر منذ الخوارزمي.

و أما التقليد الثانى فقد كان التقليد الهندسى وبخاصة العمل على التحديدات المتناهية فى الصغر ومن حاولوا تطوير الجبر من خلال الهندسة. وقد توصل الخيام وشرف الدين الطوسى إلى الدراسة الجبرية للمنحنيات ووضعا الأسس للهندسة الجبرية.

١- الانقلاب فى الجبر الجديد

إن الجبر الذى طوره الرياضيون بعد قرن ونصف القرن تقريبا من الخوارزمى قد تحول فى ضوء الحسبنة. فالحسبنة هى ما قام بها الكَرَجى والسَّهروردى والسموؤال بوصفها "نقلا لعمليات الحساب الأولية وخوارزمية القسمة الإقليدية أو استخراج الجذر وتمديد ذلك إلى العبارات الجبرية وبخاصة إلى متعددات الحدود. وبفضل حسبنة الجبر هذه تمكن الرياضيون ما بين القرنين العاشر الميلادى والثانى عشر الميلادي،

من إنشاء جبر متعددات الحدود والوصول إلى معرفة أفضل بالبنية الجبرية للأعداد الحقيقية. أو بعبارة أخري، لنقل بأن هؤلاء الرياضيين عملوا بطريقة تجريبية للوصول إلى توسيعات جبرية منتهية لحقل الأعداد المنطقة"[٩]

كانت مهمة الرعيل الأول من الجبريين تتمثل فى "حسبنة الجبر". وكان الخوارزمى قد شكل الجبر الذى طوره أتباعه من أمثال أبى كامل (٨٥٠-٩٣٠). كان المشروع ،إذن، هو، كما عبر السموأل، "التصرف فى المجهولات بجميع الأدوات الحسابية كما يتصرف الحاسب فى المعلومات". هو مشروع تطبيق عمليات الحساب الأولى منهجيا، على المجهولات الجبرية والنظر إلى المجهولات الجبرية نظرة مجردة فى آن واحد. وقاد تحقيق هذا المشروع إلى توسيع الحساب الجبرى المجرد، وتنظيم البحث الجبرى حول التطبيق المتتالى لمختلف عمليات الحساب. والنتيجة الأساسية لكتاب "الفخري" للكَرَجى وكتاب "الباهر" للسموأل الجبريين هى صياغة البنية الجبرية للأعداد الحقيقية.

كان السموأل (القرن الثانى عشر الميلادي)، تمثيلا لا حصرا، قد بدأ بتعريف عام للقوة الجبرية. وعلى أساس من التعريف التالى : $X^0 = 1$، صاغ القاعدة المعادلة : $X^m X^n = X^{m+n}$

حيث $m.n \in Z$

وفى سياق البرهان على هذه المعادلة ظهر الاستقراء التام المنتهى كوسيلة للبرهان. ثم أتى الجواب على السؤال التالى : كيف بالإمكان استخدام الضرب، القسمة، الجمع، الطرح، واستخلاص الجذور، فى سياق الكميات غير الصحيحة؟

مثلت الإجابة على هذا السؤال الدراسة الأولية –و إن كانت بعدُ فى صورة تجريبية – للإمدادات الجبرية المتناهية لجسم الأعداد الصحيحة. فى تلك الدراسة فصل مهم عن التحليل غير المحدد أو التحليل الديوفنطسى الصحيح. غير أن كتاب السموأل –و كتاب الكَرَجى من قبله وكتب علماء الرياضيات من ذلك التراث الجبرى العددي– يحتوى على فصل قصير عن المعادلات الجبرية التى صدرت عن حل المعادلة التربيعية. كانت المعادلات الجبرية تحتل الحيز الأكبر فى كتاب الخوارزمي، ثم أصبحت تحتل الحيز الأصغر عند علماء الجبر العدديين، ثم استعادت حيزها الخوارزمى عند الرياضيين الجبريين الهندسيين. عند بعض علماء الجبر العدديين يحتوى هذا الفصل على بحث عن الحل الجبرى للمعادلة التكعيبية. غير أن النتائج التى توصل إليها الجبربون العرب فى القرنين الحادى عشر والثانى عشر والنظريات التى برهنوا عليها قد اعتاد المؤرخون أن

ينسبوها إلى علماء الرياضيات فى القرنين السادس عشر والسابع عشر. من جهة أخري، أدى تطبيق الجبر على الحساب التقليدى إلى إنشاء عدة فصول:

١- التحليل العددى ومناهج استخراج جذر ن مرة لعدد صحيح؛

٢- مناهج التقريب المتعددة؛

٣- الحل العددى للمعادلات الجبرية؛

٤- نظرية الأعداد التقليدية.

نحو أواخر القرن التاسع كانت الكتب الحسابية لأقليدس والمدخل الحسابى لنيقوماخوس الجراسى قد ترجمتا. وصاغ أقليدس نظرية فى الأعداد التامة. لكن لا هو ولا نيقوماخوس ولا أى يونانى آخر صاغ نظرية الأعداد المتحابة. والأعداد المتحابة هى : إذا ترابط عددان بحيث كان مجموع قواسم كل منهما التى هى أصغر منه، مساوياً للعدد الآخر، كان هذان العددان متحابين، فالعددان ٢٢٠، ٢٨٤، متحابان لأن قواسم العدد ٢٢٠ التى تقل عنه، هى ١، ٢، ٤، ٥، ١٠، ١١، ٢٠، ٢٢، ٤٤، ٥٥، ١١٠، ومجموعها ٢٨٤، كما أن قواسم العدد ٢٨٤ التى تقل عنه، هى ١، ٢، ٤، ٧١، ١٤٢، ومجموعها ٢٢٠ .

١-١- مبرهنة ابن قرة

قام ثابت ابن قرة - وقد كان مترجم كتاب نيقوماخوس ومراجع ترجمة كتاب "الأصول" لأقليدس - بصياغة أول نظرية للأعداد المتحابة فى أسلوب أقليدس تام. وبرهن ثابت ابن قرة على النظرية الأهم حتى ذلك الحين فى الأعداد المتحابة والمعروفة اليوم باسم "مبرهنة ابن قرة" فى الأعداد المتحابة. وهذه المبرهنة هى:

إذا كان $n > 1$، لنضع $p_n = 3.2^n$، و $q_n = 9.2^{2n-1}$؛

فإذا كانت p_{n-1}، و p_n، و q_n أعدادا أولية،

عندها يكون العددان $a = 2^n p_{n-1} p_n$ و $b = 2^n q n$ عددين متحابين: عدد زائد، وعدد ناقص. وذكر رشدى راشد أن برهان ابن قرة ارتكز على قضية مكافئة للقضية رقم ١٤/٩ من تلك القضايا الواردة فى كتاب "الأصول" لأقليدس. واستخدم ابن قرة بالتالى خواص المتسلسلة الهندسية ذات المضاعفة 2(*de raison 2*) .

واقتصر تاريخ النظرية الحسابية فى الأعداد المتحابة، منذ ابن قرة إلى القرن التاسع عشر الميلادي، على نقل علماء الرياضيات لهذه المبرهنة وعلى اعتماد حساب الثنائيات من هذه الأعداد. وقد أسهم الأنطاكى (ت ٩٨٧م)، والبغدادي، وابن هود، والكرجي، وابن البناء، والأموي، فى نشر مبرهنة ابن قرة فى اللغة العربية، كما أورد المبرهنة نفسها رنيه ديكارت وبيار دو فرما فى القرن السابع عشر الميلادي. لكن مبرهنة ابن قرة كانت استنفادية. أما في حقل حساب الثنائيات من الأعداد المتــحابة، فقد قام ابن قرة بحساب ثنائية (٢٢٠ و ٢٨٤). ولم يقم الأنطاكى بحساب أى مزدوجة أخرى. ونجد عند الفارسى وابن البناء والتنوخى وغيرهم من علماء الرياضيات من القرن الثالث عشر الميلادي، المزدوجة (١٧٢٩٦ و ١٨٤١٦)، المنسوبة إلى بيار فرما. ونجد عند اليزدي، فيما بعد، المزدوجة (٩٣٦٣٥٨٤ و ٩٤٣٧٠٥٦) المنسوبة إلى رنيه ديكارت. وقصد كمال الدين الفارسى أن يبين مبرهنة ابن قرة بيانا جبريا. وقد دفعه ذلك إلى بيان أولى الدوال الحسابية، وإلى إعلان المبرهنة الأساسية فى علم الحساب، لأول مرة فى تاريخ الرياضيات. وطور كمال الدين الفارسى الأدوات التوافيقية لذلك، كما طور البحث فى الأعداد الشكلية. ومن هنا فقد خاض فى صلب النظرية الأساسية للأعداد، كما ظهرت فى القرن السابع الميلادي. وقد جمع الفارسى القضايا الضرورية للتفريق بين الدالتين الحسابيتين الأوليين :

١) مجموع قواسم عدد صحيح؛

٢) عدد قواسم عدد صحيح.

و على غير ما درس ابن قرة، لم يبلغ كمال الدين الفارسى قضية مكافئة للقضية ١٤/٩ لأقليدس، ولم يبلغ كمال الدين الفارسى قضية ١٤/٩ لأقليدس نفسها. حلل كمال الدين الفارسى أدوات التحليل إلى عوامل، وحساب الأجزاء القاسمة تبعا لعدد العوامل الأولية.

من هنا ظهر أسلوب جديد فى نظرية الأعداد. ولم يتردد علماء الرياضيات فى القرن الثالث عشر الميلادى فى الاستعانة بالجبر وبالتحليل التوافيقى على أساس إقليدي. من هنا ظهر أسلوب جديد فى نظرية الأعداد الشكلية، عند الفارسى وابن البناء، تمثيلا لا حصرا[١٠].

من هنا نرى أن تطبيق الحساب على الحساب الإقليدى قد أدى إلى دراسة الدالات الحسابية وإلى الدراسة الجبرية للقواسم الخاصة. وهذا الاتجاه واضح فى ما درسه الفارسى من أعداد خيالية ومن تفسير توافيقى مماثل لتفسير فرنكل *Frénicle* وبليز بسكال *Pascal* وبرنوى *Bernoulli*.

و أهم ما فى "حسبنة الجبر" فى تاريخ الرياضيات العربية هو التفسير الجبرى للنظرية الواردة فى الكتاب العاشر من كتاب "الأصول" لأقليدس. وهو الكتاب الذى كان يرى فيه بابوس وابن الهيثم كتابا مقصورا على

الهندسة. بعد ذلك شقت التصورات الهندسية طريقها إلى المقادير العددية والهندسية بوجه عام، واحتلت النظرية محلها بواسطة الجبر فى مجال نظرية الأعداد. عمّم الكَرَجى وأتباعه إذن تحديدات الكتاب العاشر من كتاب "الأصول" لتشمل الكميات الجبرية كلها. بل عمّم الكَرَجى وأتباعه تلك التحديدات لتشمل مجالات أخرى كثيرة منها : نظرية المعادلات المزدوجة التربيع، التحليل، نظم المعادلات الخطية وقد كان الانقلاب فى الجبر الجديد واضحا(١١) .

٢- توسيع مجال الحساب

الحساب، كما هو معروف، هو الأرثماطيقا، وهو المصطلح اليونانى المعرب، ولكنه هجر إلى علم العدد، الذى بقى حتى القرن السادس الهجري، ثم عدل عنه إلى علم الحساب. وتبحث صناعة العدد، كما عبر الكندي، عن الكمية المفردة، كمية الحساب، وجمع بعضه إلى بعض، وفرق بعضه من بعض، وقد يعرض بذلك تضعيف بعضه ببعض، وقسمة بعض على بعض. وتفسير العدد من أعوص موضوعات الفلسفة الرياضية. ونظر القدماء منذ القرن السادس قبل الميلاد إلى الأعداد نظرة مقدسة كما كان حال الفيثاغوريين أصحاب الأعداد. كانت نظرية الفيثاعوريين، وتبعهم فى ذلك أفلاطون إلى حد ما، أن العدد أصل الموجودات. ثم أخذت الأعداد بعد قرنين تتخلص من صبغتها الحسية على يد أفلاطون ومدرسته، ومع ذلك ظلت مرتبطة بالحس. ورفض آرسطو قول أفلاطون بأن المثل عدد. وأثار السؤال : كيف يكون العدد الذى يخلو من الهَيُولَى أصلا للموجودات المركبة من الهَيُولَى ؟ حصلت تطورات على يد أقليدس، ولكن هذه التطورات بلغت مرحلة متقدمة من التجريد بعد أن عرف العرب حساب الهند : الصفر والأرقام الحسابية.

و بدءا من النصف الثانى من القرن الثامن الميلادي، كان العرب يعرفون، من خلال الكتابات الهندية التى وصلت إلى بغداد، العد العشرى واستعمال الصفر. ونحو عام ٨٣٠ وصف الخوارزمى وصفا منظما الأرقام وقواعد الحساب الهندى فى كتاب ترجم إلى اللغة اللاتينية فى صيغة *Algoritmi de numero Indorum* الذى أدخل إلى الغرب أولى مبادئ العد اللامقدارى أو اللاكمي. وتشتق كلمة *Algoritmi* –التى كانت تعنى نظام الحساب العشري– من الترجمة اللاتينية لأسم الخوارزمي. وعدد العلماء العرب مناهج الضرب كما اكتشفوا البرهان برقم ٩ والإجراء المعروف تحت اسم *regula duorum falsorum*. وهو إجراء الرياضيين الغربيين فى القرن السابع عشر الميلادي(١٢) .

والمقصود من توسيع مجال الحساب، هنا، هو تنسيق دراسة المعادلات التكعيبية وإعداد نظرية المعادلات التكعيبية. ولفهم دلالة هذه المهمة كان على رشدى راشد أن يعود إلى تاريخ نظرية المعادلات التكعيبية، أى أولا، إلى دراسة الخيام (١٠٤٨-١١٢٣) الجبرية. فلم يكن اليونان قد توصلوا إلى نظرية فى المعادلات

التكعيبية. وإذا كان أرشميدس (٢١٢ ق.م.) -الذى كان بالنسبة إلى العرب رائدا فى الهندسة المساحية والميكانيكية- قد طرح مسألة هندسية تعود إلى معادلة تكعيبية فلا هو ولا شراحه استطاعوا صياغة هذه المسألة صياغة جبرية. تعود هذه المهمة إلى الماهانى كما يعود حلها إلى الخازن (٣٨٧=٩٩٨).

لكن أحدا من هؤلاء جميعا لم يحاول صياغة النظرية فى المعادلات التكعيبية. ولا بد من التفريق بين المسألة الهندسية التى يمكن إرجاعها إلى معادلة تكعيبية وبين ترجمتها ترجمة جبرية. ولا بد من التفريق بين حل هذه المسألة أو تلك من المسائل وبين إعداد نظرية للمعادلات التكعيبية.

إن نظرية المعادلات التكعيبية تتطلب الجواب على السؤال التالى : ما موقع الخيام فى تاريخ الرياضيات؟[١٣] واجه الرياضيون الأوائل-اليونان مسألتيْ:

١- تضعيف المكعب ؛

٢- تثليث الزواية.

و كلتاهما مسألة من الدرجة الثالثة. وعرف الرياضيون العرب القضية المساعدة التى استخدمها أرشميدس لكن أرشميدس لم يبرهن عليها فى كتابه ***فى الكرة والاسطوانة***. وبالإمكان رد هذه القضية إلى معادلة تكعيبية من نوع :

$x^3 - cx + a^2 b=0$ التى كان قد حلها ***إيتوسيوس*** (*Eutocius*)، وفيما بعد حلها الرياضيون العرب مثل ابن الهيثم ، وكانت الوسيلة إلى هذا الحل تقاطع القطع المكافئ $x^2 = ay$ مع القطع الزائد $y(c-x) = ab$. ولم يفكر الرياضيون قبل الماهانى فى رد هذه المسألة أو تلك كتضعيف المكعب ($x^3 = 2$) إلى عباراتها الجبرية.

كان الاتجاه نحو الترجمة الجبرية للمسائل من الدرجة الثالثة، خلال القرن العاشر اتجاها دالا لسببين:

١- التقدم البين لنظرية المعادلات من الدرجة الثانية؛

٢- مقتضيات علم الفلك.

فالتقدم فى نظرية المعادلات التكعيبية قدم للجبريين مثالاً للحلول الجبرية - بالجذور - فأرادوا للمعادلات التى من درجة أعلى احتذاء هذا المثال وخاصة المعادلة التكعيبية. وطرح علم الفلك مسائل متعددة من الدرجة

الثالثة. فقد كـــان الماهانى نفسه (المتوفى ٨٨٤-٨٧٤؟) عالم فلك. لكن البيرونى (٣٧٩-١٠٤٤٨) صاغ المعادلتين التكعيبيتين بشكل خاص، لكى يحدد أوتار بعض الزوايا ويتمكن من بناء جدول الجيب :

$x^3 - 3x - 1 = 0$ حيث x هو وتر زاوية ٨٠°

و $x^3 - 3x + 1 = 0$ حيث x هو وتر زاوية ٢٠°

وقد حل هاتين المسألتين بطريق التجريب.

طرحت هذه الترجمات الجبرية لمسائل من الدرجة الثالثة عند الماهانى والبيرونى وغيرهما من الرياضيين المعاصرين للبيرونى مثل أبى الجود بن الليث مسألة جديدة فى ذلك الوقت : هل بالإمكان إرجاع هذه المسائل إلى معادلات تكعيبية ؟ هل بالإمكان تصنيف مجموع المسائل من الدرجة الثالثة ؟ وإن لم تكن طريقة حل المسائل من الدرجة الثالثة تضاهى حل المعادلة من الدرجة الثانية بطريقة الجذور ، هل الحل المنهجى ممكن؟ هذان السؤالان لم يكن بالإمكان التفكير فيهما من دون :

١- تطوير نظرية المعادلات المضاعفة التربيع ؛

٢- الحساب الجبرى المجرد أو تجديد الكرجى الأول للجبر.

لم يكن فى مقدور الرياضيين اليونان ولا فى استطاعة العلماء العرب طرح المسألة- هل بالإمكان إرجاع هذه المسائل إلى معادلات تكعيبية ؟ هل بالإمكان تصنيف مجموع المسائل من الدرجة الثالثة ؟ وإن لم تكن طريقة حل المسائل من الدرجة الثالثة تضاهى حل المعادلة من الدرجة الثانية بطريق الجذور ، هل الحل المنهجى ممكن ؟- قبل تجديد الكرجي. هذه المسألة- هل بالإمكان إرجاع هذه المسائل إلى معادلات تكعيبية؟ هل بالإمكان تصنيف مجموع المسائل من الدرجة الثالثة ؟ وإن لم تكن طريقة حل المسائل من الدرجة الثالثة تضاهى حل المعادلة من الدرجة الثانية بطريق الجذور ، هل الحل المنهجى ممكن ؟- وسعى الخيام للحل شكّل بداية أخرى للجبر.

قبل الكشف عن الحل بدأ الخيام تصنيف للمعادلات من الدرجة الثالثة وما دون. لقد شبهت هذه الدراسة أحيانًا بنظرية هندسية للمعادلات التكعيبية، فإذا قصدنا بالنظرية الهندسية استعمال الأشكال الهندسية لتعيين الجذور الحقيقية الموجبة لهذه المعادلات، فهذه المقارنة غير صحيحة ، لأن الشكل الهندسى لا يلعب إلا دورًا مساعدًا فى جبر الخيام وبخاصة فى جبر شرف الدين الطوسى (المتوفى حوالى ١٢١٣) الذى جاء بعده. فكر

الرياضيون بالدالة. ودرسوا المنحنيات بمعادلاتها. إذا كانت حلول هذه المعادلات قد تمت بتقاطع منحنيات مخروطية ، بقى برهان تقاطعها جبريًا ، أى بمعادلات المنحنيات.

ففى مؤلفات الخيام والطوسي، نجد الأمثلة التالية :

١- تعود الطريقة المتبعة لحل : $x^3 + ax = b$ إلى حل المعادلتين التاليتين فى آن معًا :

(معادلة دائرة) $\left(\chi - \frac{1}{2}\frac{b}{a}\right)^2 + y^2 = \left(\frac{1}{2}\frac{b}{a}\right)^2$

(معادلة قطع مكافئ) $\chi^2 = \sqrt{ay}$

حيث $\sqrt{a}$هو ضعف وسيط القطع وb/a هو قطر الدائرة. مما يمدنا بالمعادلة : $\chi(\chi^3 + ax - b) = 0$. بحذفنا الحل المبتذل نحصل على المعادلة المطلوبة.

٢- تعود الطريقة المتبعة لحل : $\chi^2 = ax + b$ إلى حل المعادلتين التاليتين فى آن معًا :

(معادلة قطع مكافئ) $\chi^2 = \sqrt{ay,}$

(معادلة القطع الزائد القائم) $x\,(b\,/\,a + x) = y^2$

حيث a هو ضعف وسيط القطع المكافئ، وb/a هو القطر المستعرض للقطع الزائد. ومن هنا نحصل على: $x(x^3 - ax - b) = 0$. فإذا ما حذفنا الحل المبتذل حصلنا على المعادلة المطلوبة.

٢- تعود الطريقة المتبعة لحل : $x^3 = ax + b$ إلى حل المعادلتين التاليتين فى آن معًا :-

(معادلة قطع مكافئ) $x^2 = ay$

(معادلة القطع الزائد القائم) $x\,(b/a{=}x){=}y^2$

حيث a هو ضعف وسيط القطع المكافئ، وb/a هو القطر المستعرض للقطع الزائد. ومن هنا نحصل على: $a(a^2\text{-}ax\text{-}b)=0$. فإذا ما حذفنا الحل المبتذل حصلنا على المعادلة المطلوبة .

لا يمكن إذن كتابة تاريخ الهندسة الجبرية من دون دراسة ما قدمه هذا التيار للجبر.

والأمر المهم كذلك هو إدراك الطوسى لأهمية المُميز فى المناقشة للمعادلات التكعيبية. وهكذا كيما يفترض وجود الجذور الموجبة فى المعادلة : $x^3 + a = b x$ حيث ($0 < a, b$) يلاحظ أولاً أن كل حل (موجب) لهذه المعادلة يجب أن يكون أصغر أو مساويًا لـــ $b^{1/2}$ لأنه إذا كان x_0 جذرًا ، نحصل على :

أى $x_0^3 + a = bx_0$

أى $x_0^3 \leq bx_0$

أى $x_0^2 \leq bx_0$

كما يجب أن يحقق هذا الجذر ، من ناحية أخرى ، المعادلة : $bx-x3=a$ ويبحث الطوسى عن القيمة التى تبلغ بها $y=b\ x-x3$ حدها الأقصى . ويجد بعد أن يعدم المشتق الأول أن $x=(b/3)\ 1/2$ ، فيصبح الحد الأقصى إذن :

$$b\,(b/3)^{1/2} - (b/3)^{3/2} = 2\,(b/3)^{3/2}\ .$$

هناك إذن جذر موجب ، إذا وفقط إذا كان :

$$A\dot{}\ 2\,(b/3)^{3/2}\ \frac{b^2}{27} - \frac{a^2}{4}\ 0$$

فإن دور المميز : $D = b^3/27 - a^2/4$ قد أثبت وأعد جبريًا لدراسة المعادلة التكعيبية. لكن لم يدخل دور المميز بعد فى الحلول الجذرية. ولمعالجة هذه المسألة طور الرياضيون طريقة لحل المعادلات العددية. وهى الطريقة المنسوبة إلى "طريقة فيات أو طريقة روفينى – هورنر" إلى الآن فى تاريخ الرياضيات. كان الخيام قد كشف عن طريقة لحل المعادلات $\chi^m = q$. والبيرونى قبل الخيام اهتم بالمسألة نفسها. لكن لم يبق من دراسة البيرونى إلا عنوانها بينما لم يعد من دراسة الخيام إلا خلاصـــة اتخذ ت أساسًا لها فك $(a+b+c+...k)$ حيث $n \in N$ وفى ضوء دراسة المعادلات للطوسي، تجاوزت تلك الطريقة المعادلات من نوع $x^n=q$ إلى الحالة العامة. طبق الطوسى هذه الطريقة على المعادلات كافة، وبالإمكان عرضها فى الشكل التالى :

لتكن : $x^n + a_1 x^{n-1} + ... + a_{n-1}\, x = N$

لنعتبر أن : $f(x) = x^n + a_1 x^{n-1} + ... + a_{n-1}\, x$

حيث الدالة f قابلة للاشتقاق مرات عدة . وبالإمكان تعرف المجال الذى ينتمى إليه الجذر ، ليكن $x\in[10^r,10^{r+1}]$ ، إن x تكتب على النحو التالى :

$$po\ 10^r + p_1\ 10^{r-1} + \ldots + p^r$$

بحيث إن $r=[m/n]$.

وحيث m هى المرتبة العشرية لـــ N و $[m/n]$ هى القسم الصحيح من m/n

– نحدد $x1=po10^r$ إمّا بالقسمة أو بالبحث عن العدد الصحيح الأكبر بقوة n^e الموجود فى N .

– نعتبر أن : $N_1=N\text{-}f(x_1)$ و $x=x_1+x_2$, $N_1=g(x2)$, حيث g هى متعددة الحدود لـــِ x_2 ودرجتها $n\text{-}1$.

فنحصل على قيم تقريبية لـــِ x_2, x_2 محددة بواسطة:

$$(1)\ N_1=nx_1^{n-1}x'_2+a_1\ (n-1)x_1^{n-2}x'_2+\ldots+2a_{n-2}x_1x'_2+a_{n-1}x'_2$$

ونتعرف هنا على مشتق f عند النقطة x_1 . فتكون :

$$x'_2=\frac{N_1}{f`(x_1)}$$

ونجرى بعدها إعادات متتالية .

لنفترض أننا قد حددنا قيم : $x_1, x+'_2, \ldots, x'_{k-1}$

حيث: $x = x_1+x'_2+ \ldots + x'_{k-1}+x_k$. $k = 2, \ldots, n$

وتعطى القيمة التقريبية x_k ، حيث :

$$X'_k=N_k/f'(X_{k-1})$$

وبحيث : $N_k = N$ $-f(x_1+x'_2+\ldots x'_{k-1})$

وَ : $x_{k-1}=x_1+x'_2+\ldots x'_{k-1}$

كقيمة تقريبية لِـــ x نجد : $x_1+x'_2+\ldots+x'_n$ حيث القيم χ'_1 معطاة بواسطة الصيغة (٢) .

مع أن الطوسى لم يطبق هذه الطريقة إلا على المعادلات من الدرجة الثالثة وما دون ،فتطبيقه يدل على التطبيق العام. وكان الخيام قد عمم مسألة : هل بالإمكان إرجاع هذه المسائل إلى معادلات تكعيبية ؟ هل بالإمكان تصنيف مجموع المسائل من الدرجة الثالثة ؟ وإن لم تكن طريقة حل المسائل من الدرجة الثالثة تضاهى حل المعادلة من الدرجة الثانية بطريقة الجذور ، هل الحل المنهجى ممكن ؟

كانت فصول الجبر المجدد إذن:

١–طريقة حل المعادلات العددية؛

٢–دراسات المنحنيات بواسطة المعادلات؛

٣–حصر دور المميز فى حل المعادلات التكعيبية.

ولا يقاس الإنجاز الذى تم منذ الخوارزمى توسيع علم الجبر وحده، ولكن أيضًا بتغيير منحنى المعرفة الجبرية. وإذا ما توطد الجبر كعلم للمعادلات الجبرية التى لا ترتبط بأعداد وبقطع مستقيمة وحدها، بل بمنحنيات فى المستوى، فقد دمج الجبر التقنيات الموروثة. بإمكاننا أن نورد بين هذه التقنيات استعمال التحويلات الأفيّنية عند إبراهيم بن سنان الذى طبق المتناهى فى الصغر.

بالتحويل ألأفينى : $x \to x+a$ أو $x \to a-x$ ، حول الطوسى المعادلات المطلوب حلها إلى معادلات يعرف طريقة حلها.

و درس الطوسى أكبر عدد ممكن من العبارات الجبرية، ولكن من دون أن يسمى المشتق الأول للعبارات الجبرية التى يعادلها بالصفر. وبرهن أن جذر المعادلة الصادرة عن معادلة العبارات الجبرية بالصفر، إذا ما عوض فى العبارة الجبرية، بلغت العبارة الجبرية نهايتها العظمى. وبمجرد أن يجد واحدًا من جذور المعادلة التكعيبية، ولكى يعين الجذر الآخر، يدرس معادلة من الدرجة الثانية التى هى عبارة عن حاصل قسمة المعادلة التكعيبية مضروبًا بـــ $(r-x)$ حيث r هو الجذر الذى سبق أن حصل عليه. يعرف الطوسى أن متعددة الحدود ax^3+bx^2+cx+d تقبل القسمة على $(x-r)$ إذا كان r هو جذر للمعادلة : $ax^3+bx+cx+d=0$.، وبعد أن درس الطوسى المعادلة $ax^3+bx+cx+d=0$، حاول تعيين الحد الأعلى والحد الأدنى لقيم جذورها الحقيقية. **مع ذلك، لم يستخدم الجبريون، المشتق بشكل واضح، فى ذلك الوقت مناقشة المعادلات الجبرية وحل المعادلات العددية.** فاستعمال المشتق الأول إذا ما ربط بالبحث عن النهاية العظمى لم يكن جديدًا فى ذلك الوقت. بقى هذا الاستعمال عرضيًا. ولم يصبح تصور المشتق جزءًا من حل المعادلات الجبرية والعددية إلا فى رياضيات الطوسى بخاصة. وأصبح تعميم هذا الاستعمال للمشتق ممكنًا فى ضوء :

١- تعميم محاولة الطوسى إعداد "نظرية المعادلات" ؛

٢- نشاطات علماء الرياضيات تتجه وجهات أخرى.

إن أعمال بنى موسى وابن قره وحفيده إبراهيم بن سنان وابن الهيثم فى تحديدات المتناهيات فى الصغر، مهدت بطريقة غير مباشرة لمساعى الجبريين. إذ برفضهم معالجة العمليات الجبرية بطريقة هندسية كما هو واضح عند بنى موسى، ومثبت لدى تابعيهم، وباكتشاف قوانين حسابية جديدة لحساب المساحات والأحجام، قدم بنى موسى وابن قره وحفيده إبراهيم بن سنان وابن الهيثم وغيرهم ممن لم يكونوا جبريين، للجبريين تقنيات البحث عن النهاية العظمى. وسع التعداد والتصنيف للمسائل من الدرجة الثالثة، والبحث عن طريقة لحل المعادلات التكعيبية، مجال التطبيق لتقنيات البحث على المتناهيات فى الصغر، وبالتحديد البحث عن المشتق الأول.

٣- علم اجتماع المعرفة الرياضية

منذ ما يقارب نصف القرن كتب تانّيرى (*P.Tannery*) يقول إن الجبر العربى لم يتجاوز مستوى ديوفنطس. وليس من شك فى أن هذا الرأى قد أثار السؤال بعامة وليس من شك فى أن هذا الرأى قد أثار السؤال بحدة بعد أعمال فرانس ويبكه (*Woepcke*) فى تاريخ الرياضيات العربية. وظهرت أيديولوجية تانّيرى *P. Tannery* غامضة فى تاريخ زوتين (*Zeuthen*) ونقولا بورباكى (*Bourbaki*).

لكن تانيرى رأى أن الدراسة الاجتماعية للعلم ليست سوى الجواب عن السؤال المسبق : ما الظروف الثقافية التى أدت بالجبر إلى التخلف عن الأقدمين؟ لكن رشدى راشد رأى أن الدراسة الاجتماعية للعلم ليست سوى الجواب عن السؤال غير المسبق : ما الظروف الثقافية التى أدت بالجبر إلى التجدد عند الأقدمين بل عند الجبريين العرب الأوائل أمثال الخوارزمى وأبى كامل؟

هناك علمان أسهما فى تكوين الجبر الجديد :

١- الحساب فروع الأرصاد الفلكية.

تدخل الحساب فى تحويل الجبر القديم. نقلت عمليات الحساب إلى الجبر. تم استخلاص عمليات الحساب ومنهجتها وتعميم بعض التقنيات على مستوى العبارات الجبرية كخوارزميات أقليدس فى القسمة واستخراج الجذر التربيعى.

٢- دفع الفلك الجبرى إلى استعادة مسألة المعادلات العددية ودرس المنحنيات بواسطة المعادلات.

تقوم، إذن، مسألة التحديات الاجتماعية للجبر الجديد على صلتها بمختلف فروع علم الفلك والحساب. وكان لدى علماء الحساب الجبريين الذين سبقوا ولادة هذا الجبر هم مزدوج : توسيع الحساب وإعطائه "حقل تمرين". ويعنى رشدى راشد بذلك تطبيق الأداة الرياضية لحل نظرى لمشكلات تطبيقية. من هنا يمكن قياس أهمية الأداة الرياضية بمعزل عن أهمية المثال المختار أو فعالية الحل.

إن التطوير النظرى والتطبيق الحسابى كانا مهمتى الرياضيين فى أبحاثهم الحسابية. إن تكوين وتوسع الخلافة العباسية واجه عدة نظم حسابية ، ومنها اثنان :

١- حساب اليد؛

٢- حساب الهند.

وقد طرحا على الرياضيين مسائل نظرية وعملية فى الوقت نفسه.

وبدعم من دوائر الدولة، حاول الرياضيون توسيع كل من هذين النظامين الحسابيين بمساعدة معارف رياضية أخرى ، والتحقق من صحة قواعد كل منهما ومقارنتهما بشكل ضمنى تقريبًا، بما يسمح بتأسيس وتسهيل استعمالها بجعلهما فى كتيب خاص بالموظف وأحيانًا كان الرياضى نفسه يؤلف بحثًا خاصًا كالكرجي، تمثيلا لا حصرا. كما لعبت المؤسسات دورا ملحوظا فى دفع الأبحاث الحسابية.

كان عمل البوزجانى يلبى حاجة كتاب الدواوين وأمناء السر والموظفين والولاة ، وأهل الحسبة ، وجباة الضرائب وغيرهم. فهو عمل يتناول ما يحتاج إليه الكامل والمبتدئ والتابع والمتبوع من الحساب وصناعة الكتابة وأعمال الخراج ومسائل الأنواع التى تجرى فى معاملات الدواوين من النسبة والضرب والقسمة والمسايح والطوق والمقاسات والتصريف وغير ذلك مما يتعامل به الناس فى طبقاتهم ويحتاجون إليه فى حياتهم. ويبدو هذا الهم نفسه فى بحث الكرجى الكافى ومؤلفات الحساب الهندى . وأبن اللبان (حوالى ١٠٠٠) كتب " الأصول" فى جميع الحساب النجومية والمعاملات والعلاقات الاجتماعية. أما تلميذه النسوى (حوالى ١٠٣٠) الذى ألف بحثا حسابيًا لمختلف الأعمال والفلكيّين فى فنهم.

وبإمكاننا مضاعفة الأمثلة المستعارة من رياضيى أواخر القرن التاسع ، وهى مرحلة الخلافة العباسية حيث نشهد :

(١) تعزيز وتطوير الإنشاءات الإدارية على مستوى الخلافة ككل؛

(٢) مضاعفة النماذج المصغرة عن هذه الإنشاءات فى المقاطعات على أثر ضعف سلطة الخلفاء؛

(٣) ظهور فئة اجتماعية هى فئة "الكتاب" أو الموظفين المرتبطة بمضاعفة الإنشاءات أى "الدواوين" ونماذجها المصغرة.

فهذه الفئة الاجتماعية وإعداد أفرادها هو الذى دفع إلى حد ما إلى كتابة الأبحاث ، ليس فى الحساب وحسب ، لكن فى الجغرافية الاقتصادية أيضًا كالكتاب الشهير لقدامة بن جعفر عن الضرائب العقارية ومعاجم اللغة الفلسفية والاقتصادية والعلمية فى تلك المرحلة ، ككتاب الخوارزمى عن" مفاتيح العلوم". إنها طبقة بيروقراطية ضرورية للنظام يسيطر عليه جيش من الكتبة المتخصصين الذين يستمرون وإن تغير الخلفاء والوزراء. (وراقة) أى نظام فيه يكتب كل ما يمكن كتابته.كانت دواوين المال ودواوين الجيش ودواوين الاستخبارات العامة ودواوين المراسلات (القنصليات) ، وغيرها من الدواوين الأخرى ، بحاجة إلى الحساب المالي. ويقوم ما اصطلح على تسميته "حقل التمرين" فى الحساب على هذه المسائل المطروحة على موظفى الدواوين.

من هنا فقد درس الفصلان الرابع والخامس من كتاب أبو الوفا المسائل المالية، فى حين أن الفصل السادس اختص بمسائل تنظيم الثروات ومدفوعات الجنود ومعاشاتهم والضمانات والأرصدة وإجازات المرور ، عقدها ونقضها ، بالنسبة إلى السفن التجارية التى تسافر عبر الأنهر ، وإلى التجار المسافرين وتصريحات المراسلات وسعاة البريد. ولكى يبين أهمية الحساب الهندي، قال الاقليدسى إن أكثر الحساب مضطرون إلى العمل بالحساب الهندي، لما فيه من الخفة والسرعة وقلة الحفظ وحصر الزمان فيما يحاول من الجواب وقلة شغل القلب بما يعانيه مضطرًا بين يديه. إنه علم وعمل يحتاج إلى آلة كما يحتاج الكاتب والصانع والفارس إلى ما يعمل به.

من هنا عاد الرياضى إلى الحساب الهندى أو حساب اليد. وأظهرت هذه العودة شمولية مفهوم العملية الحسابية ، وطبيعته المجردة. وأصبحت العمليات منذ ذلك الحين وسائل لتنظيم العرض الحسابي. وأدى تعدد أنواع الحساب إلى نسبية أنظمة الترقيم ليبين بالتالى اختيار الأساس والعمليات التى ينبغى تطبيقها. ما إن يتم اختيار الأساس ، حتى نقدر استبدال أرقام الحساب الهندى بأى نظام آخر من العلامات ، وضمن هذه الشروط لا ترتبط العمليات بأية كتابة خاصة لنظام الترقيم.

وميز الكرجى بين نوعين من المعطيات :

١- المقادير النسبية والصمّاء؛

٢- عمليات الضرب والقسمة والرفع إلى قوة والجمع والطرح.

لكن هذه العمليات هى التى أسست لتنظيم العرض فى بداية الحساب الهندى، وإذا ما لعبت دورًا فى حساب اليد فبطريقة منهجية ، ولكن أقل منها اكتمالا. وهكذا فشروح الاقليدسى وابن اللبان والنسوى هى عن عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة واستخراج الجذر ، بينما حساب اليد لا يحتوى سوى على الضرب والقسمة، وأحيانًا استخراج الجذر، مع افتراض معرفة قانونى التشكيل +، -.

بهذه الطريقة توسع الحساب الجبري، إذ تمكنه من أن يعمم فى الجبر نتائج هذه العمليات على الحساب. ويعود إلى الكرجى وأتباعه ، الشهرزورى والسموأل الفضل فى ذلك التعميم.

رابعًا : الاستقراء الرياضى-عمل الكَرَجى والسموأل

١- إعادة كتابة تاريخ الاستقراء الرياضي

أعاد الدارسون كتابة تاريخ الاستقراء الرياضى عدة مرات منذ عام ١٩٠٩. بدأت حركة الشك فى ثلاث صفحات من "نشرة الجمعية الرياضية الأمريكية"، شكك فيها ج. فاكا (*G. Vacca*) فى تاريخ الاستقراء الرياضى، بوصفه من منجزات القرن السابع عشر. وصار تاريخ الاستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات مورو ليكو (*Maurolico*) لا علماء القرن السابع عشر الميلادي.

من هنا طرحت مقالة ج. فاكا من جديد مسألتين :

١-مسألة تاريخ "مبدأ" الاستقراء الرياضي؛

٢- مسألة "طريقة كتابة" تاريخ مبدأ الاستقراء الرياضي.

و بعد فحص مفصل لعمل مورو ليكو، بين فريدونتال (*M.Freudenthal*) أن هنالك ثلاثة مواضع كحد أقصى بإمكاننا التعرف من خلالها على شكل مضطرب من الاستقراء الرياضي، بينما صاغ بليز باسكال مبدأ الاستقراء الرياضي، للمرة الأولى بشكل مجرد. ومع أن فريدونتال يرد الاعتبار إلى بليز بسكال ، فالأطروحة تحتمل التأويل. فمورو ليكو يعرف شكلا قديما من الاستقراء الرياضي، وباسكال كغيره عمل من هذا الشكل قبل أن يتجاوزه.

منذ دراسة فريدونتال ، استعاد المؤرخون هذه القضية ،

١) م. هارا (*M.Hara*) وهو من أتباع بليز بسكال. فتناسى تحفظات فريدونتال جاعلاً من باسكال بداية مطلقة للإستقراء الرياضى فى التاريخ؛

٢) م. رابينوفيتش (*M. Rabinovitch*) الذى يرجع بطريقة دقيقة الإستقراء إلى ليفى بن جرسون .(*Levi Ben Gerson*) ويبين أن ليفى بن جرسون هو "أول" من استخدم منهجيا الاستقراء الرياضي.

من جهته، عرض رشدى راشد لعناصر لم تنشر من قبل. وبين رشدى راشد أن هناك محاولات سبقت موروليكو وليفى بن جرسون، وهى محاولات :

١- الكرجي؛

٢- السموأل .

أعاد رشدى راشد كتابة تاريخ الاستقراء الرياضى بطريقته. وصار تاريخ الاستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات الكرجى والسموأل، لا علماء القرن السابع عشر الميلادي. وبالتالى فهو الامتداد المتطور لأعاد المؤرخين الغربيين كتابة تاريخ الاستقراء الرياضى منذ مطلع القرن العشرين. كشف م. إيتار (*M .Itard*) عن الاستقراء الرياضى عند إقليدس بينما فريدونتال يرد هذه المحاولات إلى ما قبل تاريخ المفهوم. شكك رشدى راشد فى تاريخ الاستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات القرن السابع عشر. لماذا لجأ الكرجى والسموأل إلى طرق جديدة فى البرهان ؟

-٢- نشأة صيغة ثنائية الحد وجدول معاملاتها

كشف رشدى راشد للمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات عن صيغة ثنائية الحد وجدول معاملاتها. وقد لاحظ رشدى راشد نموذجا من البرهان الذى سمى فيما بعد باسم R_1 والذى أورد رشدى راشد مراحله المتتالية.

يبدأ السموأل فى كتابه الباهر ببرهنة بعض القضايا المتعلقة بالتبادلية والتجميعية لعملية الضرب ولتوزيعه الضرب على الجمع .

$[(ab)(cd) = (ac)(db)] \leftrightarrow$

مقدمة : مهما كانت الأعداد الثلاثة المعطاة :$a,b,c,$ ، فإن $(ab)c = (ac)b$. يذكر السموأل فى كتابه" الباهر" بتوزيع الضرب على الجمع .

قضـــية ٢ : " إن حاصل ضرب العدد AB ,$(AB=AC+CB)$ كما بين ذلك إقليدس فى الكتاب الثانى الشكل (١)، يقول السموأل) بأى عدد يساوى حاصل ضرب AC بذلك العدد زيادة على حاصل ضرب AC بذلك العدد زيادة على حاصل ضرب CB بذلك العدد نفسه ".

وهذا يكافئ : $[(a+b)\,\lambda=(a)\,\lambda + (b)\lambda]$

بواسطة هذه القضية وغيرها من قضايا الجمع والضرب يتولى السموأل برهان العبارتين التاليتين :

$$1)(a+b)^n = \sum_{m=0}^{n} c \quad a^{n-m}b^m, n \in IN$$

$$2)\,(ab)^n = a^n b^n n \in in$$

كى يبرهن المتطابقة الأولى يفترض السموأل معرفة القارئ بمفكوك $(a+b)^2$ المعطى فى كتاب البديع الكرجى والمذكور من المؤلف فى فصل سابق ، ثم يتولى برهان المتطابقة فى حال $n=3$. ويحتوى برهانه على المرحلتين التاليتين :

$$1.1\ (a+b)^2\,(a+b) = (a^2+2ab+b^2)(a+b) = (a+b)^3$$

مستخدمًا هنا مفكوك $(a+b)^2$

$$1.2.\ (a+b)^3 = a^2(a+b) + (2ab)\,(a+b) + b^2(a+b)$$

مستخدمًا القضية (٢) :

$$1.3. = a^3 + a^2b + 2a^2b + 2ab^2 + b^2a + b^3\ .$$

مستخدمًا القضيتين (١) و(٢) :

$$1.4. = a^3 + b^3 + 3a^2b + 3ab^2$$

مستخدمًا تجميع الحدود المتشابهة :

٢) وبالطريقة نفسها يبرهن المتطابقة فى حال $n=4$ مستخدمًا مفكوك $(a+b)^3$

٣) وهو لم يقم البرهان فى حال $n=5$.

٤) ويصوغ جدول معاملات ذات الحدين كما ورد فى كتاب الكرجى كوسيلة لتحديد "العدد بمفكوك المربعات والمكعبات لغاية الحد المطلوب" . ويظهر جدول المعاملات فى الصورة التالية :

$N=1$	$N=2$	...	$n-1=11$	$N=12$
1	1		1	1
1	2		C_{n-1}^{1}	C_{n}^{1}
	1		C_{n-1}^{2}	C_{n}^{2}
			$\vdots$	$\vdots$
			C_{n-1}^{m-1}	C_{n}^{m}
			C_{n-1}^{m}	$\vdots$
			$\vdots$	C_{n}^{n-1}
			1	1

ومن جهة أخرى فإن حساب C_n^m يفترض معامل ذات الحدين من رتبة $(n-1)$، إذ إن قاعدة إنشائها المعطاة عند الكرجى تكافئ: $C_n^m - C_{n-1}^{m-1} + C_{n-1}^{m}$

المتطابقة الثانية $(ab)^n=a^nb^n$ مبرهنة بالطريقة نفسها . يعتبر السوأل فى "مقالات أقليدس العددية" معرفة البـــرهان فـــى حالـــة $n=2$. والقضيـــة (١) تجعـــل ، على كل حال ، برهان العبارة (٢) بديهيًا $(ab)(ab)=(ab)^2 = a^2b^2$: . وكونه يذكر المتطابقة بعد القضية (١) فالبرهان قد أقيم – لزمرة تبادلية بالنسبة إلى الضرب (a وب تتبادلان) فهو يذكر أنه إذا كان $n=3$ فحاصل ضرب عددين مكعبين يعادل مكعب حاصل ضرب ضلعيهما.

بمعنى آخر كى يبرهن أن $a^3b^3 = (ab)^3$ يبدأ من $a^2b^2 = (ab)^2$ يضرب الطرفين بـــ : (ab) فيحصل على : $(ab)(a^2b^2) = (ab)(ab)^2 = (ab)^3$

لكن القضية (١) تعطى : $(ab)\,(a^2b^2) = (aa^2)\,(bb^2) = a^3b^3$

ثم يبرهن القضية فى حال $n = 4$.

لا يكشف رشدى راشد عند الكرجى والسموأل هذه الأنواع من البراهين والتى أسماها R_1 ، لكن رشدى راشد يكشف عن أنواع من التعاريف على النسق نفسه. يذكر رشدى راشد تعريف الأساس الجبرية الوارد فى كتابى الفخرى والبديع للكَرَجى التى أعاد دراستها السموأل فى الباهر، تمثيلا لا حصرا. لقد عرض الجدول التالى :

$$
\begin{aligned}
&a = a^1 \\
&a^2 = a \,.\, a \\
&a^3 = a^2.a \\
&a^4 = a^3.a = a^2.a^2 \\
&a^5 = a^4.a = a^3.a^2 \\
&a^6 = a^5.a = a^4.a^2 = a^3.a^3 \\
&a^7 = a^6.a = a^5.a^2 = a^4.a^3 \\
&a^8 = a^7.a = a^6.a^2 = a^5.a^3 = a^4.a^4 \\
&a^9 = a^8.a = a^7.a^2 = a^6.a^3 = a^5.a^4
\end{aligned}
$$

"وتزداد هذه القوى بالنسبة ذاتها حتى اللانهاية" أى ، x^n معرفة بـــ :

$\chi^n = \chi^{n-1}\chi$ لأى $n \in \mathbb{N}$

٣- الفرق بين الاستقراء الرياضى والاستدلالات الأخرى

فرق فرويدونتال بين إستدلالين، من جهة، والاستقراء الرياضي، من جهة أخرى :

١- الاستقراء "شبه العام" ؛

٢- استقراء "الارتداد" .

و يقصد فرويدونتال بـــالاستقراء "شبه العام" ذلك البرهان الذى يمكن الوصول به إلى أى عدد *n*. ومع أن فرويدونتال يسعى إلى خاصية صحيحة لأى عدد *n* ، فهو يجرى عملياته على أعداد خاصة. ومع أن هذا الاستدلال تطبيق لمبدأ الاستقراء الرياضى فليس بالإمكان أن ننسب إلى أولئك الذين يستعملونه إعترافًا صريحًا بهذا المبدأ .

كمثل على هذا البرهان يعطى فرويدنتال التقرير *V* لموروليكو. وكى يبرهن هذا الأخير أن : $2\sum_{k-1}^{n} k = n(n+1)$ ويكتب فى حال *n=4* فقط :

$\sum_{k-1}^{n} k = 1+2+\cdots+n$ و $\sum_{k-1}^{n} k = n+(n-1)+\cdots+1$ حيث يحصل على : $2\sum_{k=1}^{m} k = n(n+1)$

ويكشف فرويدنتال، هنا، عن برهان شبه عام يكاد أن يكون صحيحًا ، فلا نحتاج إلا أن نبدل ٤ بـــ *n* حتى نعمم البرهان.

و يستخلص رشدى راشد أمرين :

١) إعادة البرهان شبه العام لكل قيمة من قيم المتغير؛

٢) امتلاك طريقة مستقلة عن قيم المتغير الخاصة، أى طريقة تؤسس للبرهان المماثل على أى عدد n كما هو الحال بالنسبة إلى العدد ٤ تمثيلا لا حصرا. ليس بالإمكان الخلط بين الاستقراء المألوف والاستقراء الرياضي.

أما استدلال الارتداد، فهو يدل على استقراء رياضى بدائي، إذ اشتق، بطريقة شكلية من الاستقراء الرياضي، فهو مع ذلك ليس استقراء رياضيا. إنه استقراء رياضى يعود فى كل مرة للعدد السابق. إنه تكرار للاستقراء الرياضى لقيمة المتغير إلى أن نصل إلى القيمة الأكثر صغرًا التى مازالت تتحقق فيها الخاصية. يجرى الارتداد غالبًا بطريقة شبه عامة مما يؤسس لعدم إعادة البرهان للقيم الأخرى للمتغير عدا تلك المختارة أصلاً. هذا الشكل هو الأقرب إلى الاستقراء الرياضى من أى شكل آخر أو هو استقراء تام ، من دون بنية الاستقراء التام الصورية.

قبل بليز باسكال -هذه هى أطروحة فرويدنتال.- لم يكن هناك استقراء رياضى بالمعنى الصحيح لكن كان هنالك البرهان شبه العام واستدلال الارتداد، وإذا كان موروليكو قد عرف الاستقراء الرياضى فالأرجح أنه عرفه فى شكل قديم من الارتداد.

قبل بليز باسكال والقرن السابع عشر الميلادى بعامة -هذه هى أطروحة رشدى راشد- كان هناك استقراء رياضى بالمعنى الدقيق. كان هنالك البرهان شبه العام واستدلال الارتداد، وإذا كان الكرجى والسموأل قد عرفا الاستقراء الرياضى فالأرجح أنهما عرفا أشكالا أخرى من الاستدلال. أراد رشدى راشد أن يبين أن الاستدلال"شبه العام" و"استدلال الارتداد" لم يستنفدا طرق الاستدلال قبل بليز بسكال. لإيضاح هذه الأطروحة عاد رشدى راشد إلى بعض أمثلة الكرجى والسموأل.

برهن أن : $\sum_{i=1}^{n} i^2 = \sum_{i=1}^{n} i + \sum_{i=1}^{n} i(i-1)$

بيان البرهان [١٤]:

$$n^2 = n\,[(n-1) + (n-(n-1))]$$
$$= n\,[(n-1)+1]$$

$= n (n-1) + n$

$(n-1)^2 = (n-1) [(n-2) + (n-1) - (n-2))]$

$= (n-1) [(n-2) + 1] = (n-1) (n-2) + (n-1)$

$1^2 = 1.1$

$$\sum_{i=1}^{n} i^2 = n^2 + (n-1)^2 + \cdots + 1^2$$

$$= [n(n-1) + n-1)(n-2) + \cdots + 2.1] + [n + (n-1) \cdots + 1]$$

$$\sum_{i-1}^{n} i(i-1) + \sum_{i=1}^{n} i.$$

هذا البيان يحدد $n=4$.

البرهان :

$$\overline{DE^2} = DE[\overline{CD} + \overline{(DE - CD)}] = \overline{DE(CD+1)} = \overline{DE.CD} + \overline{DE}$$
$$CD^2 = \overline{CD}[\overline{BC} + \overline{(CD - BC)}] = \overline{CD}(\overline{BC}+1) = \overline{CD.BC} + \overline{CD}$$
$$\overline{BC^2} = \overline{BC}[\overline{AB} + \overline{(BC - AB)}] = \overline{BC}(\overline{AB}+1) = \overline{BC.AB} + \overline{BC}$$
$$\overline{AB^2} = 1 = \overline{AB}$$

إذن :

$$\overline{AB^2} + \overline{BC^2} + \overline{CD^2} + \overline{DE^2} = (\overline{BC.AB} + \overline{CD.BC} + \overline{DE.CD})$$
$$+ \overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CD} + \overline{DE})$$

وهذا ما كان المطلوب البرهان عليه.

٢- برهن أن : $\sum_{i=1}^{n} i^3 = (.\sum_{i=1}^{n} i)^2$

كى يبرهن هذه القضية يلجأ السموأل إلى برهنة المقدمة التالية :

مقدمة : وإن "كل عدد فإن مكعبة مساوٍ لمربعه ولضرب ذلك العدد فى مجموع الأعداد المبتدئة من الواحد إلى العدد الذى قبله مرتين". $[n^3 = n^2 + 2n\sum_{i=1}^{n-1} i]$

بيان البرهان : $\sum_{i=1}^{n-1} i = \frac{n(n-1)}{2} \leftrightarrow 2\sum_{i=1}^{n-1} i = n(n-1)$

$$\leftrightarrow 2n\sum_{i=1}^{n-1} i = n^2(n-1) \leftrightarrow n^3 = n^2 + 2n\sum_{i=1}^{n-1} i$$

البرهان : $2\overline{AD} = \overline{CD}.\overline{DE}$ إذن $\overline{AD} = \frac{\overline{CD}.\overline{DE}}{2}$

بعد ضرب الطرفين بالعدد DE نحصل على : $2\overline{AD}.\overline{DE} = \overline{CD}.\overline{DE^2}$

ولكن : $\overline{CD}.\overline{DE^2} = \overline{DE^2}(\overline{DE-1}) = \overline{DE^3} - \overline{DE^2}$

إذن : $\overline{DE^3} = \overline{DE^2} + 2\overline{AD}.\overline{DE}$ هذا ما أراد برهانه .

وعندها يقدر السموأل أن يبرهن القضية .

بيان البرهان :

$$(\sum_{i=1}^{n} i)^2 = (\sum_{i=1}^{n-1} i)^2 + n^2 + 2n(\sum_{i=1}^{n-1} i)$$

(مقدمة) $$= n^3 + (\sum_{i=1}^{n-1} i)^2$$

$$= n^3 + (\sum_{i=1}^{n-2} i)^2 + (n-1)^2 + 2(n-1)(\sum_{i=1}^{n-2} i)$$

(مقدمة) $$= n^3 + (n-1)^3 + (\sum_{i-1}^{n-2} i)^2$$

$$= \cdots$$

$$= n^3 + (n-1)^2 + \cdots + 1^3 = \sum_{i=1}^{n} i^3$$

البرهان : $\overline{AE^2} = \overline{AD^2} + \overline{DE^2} + \overline{DE}.\overline{AD}$

بتطبيق الرسم السابق : $= \overline{DE^3} + \overline{AD^2}$

$$= \overline{DE^3} + \overline{AC^2} + \overline{CD^2} + 2\overline{AC}.\overline{CD}$$
$$= \overline{DE^3} + \overline{CD^3} + \overline{AC^2}$$

ولكن : $= \overline{AB^3} = 1$

$$= \overline{DE^3} + \overline{CD^3} + \overline{AB^2} + \overline{BC^2} + 2\overline{BC.AB}$$
$$= \overline{DE^3} + \overline{CD^3} + \overline{BC^3} + \overline{AB^2}$$

إذن : $= \overline{DE^3} + \overline{CD^3} + \overline{BC^3} + \overline{AB^3}$

فى المثلين السابقين ، كشف رشدى راشد عن نوعين من الاستدلال:

١- - R_2 - موضح ببرهان المقدمة فى المثال الثانى ؛

٢- - R_2 - فى برهان القضيتين .

فمع R_2 اقتصر السموأل على ــ $n=4$.

لكن :

١- نص القضية عام ؛

٢- لا يتردد السموأل فى تقديم المقدمة نفسها من دون برهنتها من جديد فى حال $n=2, 3$.

يبقى البرهان هو نفسه لأى عدد كما للعدد ٤. وكذلك يكتب البرهان نفسه بالنسبة إلى أى عدد n . يمكن إذن اعتبار R_2 كبرهان شبه عام وكتطبيق للاستقراء التام من دون أن يكون هناك تصريح مسبق بمبدأ الاستقراء التام. أما R_3 فهو مختلف. فالمقصود صراحة تثبيت طريقة الانتقال من n إلى $(n+1)$ سواء ببرهان المقدمة أو مباشرة لإجراء الإنقاص المتتالى أو الارتداد. صحيح أن R_2 وR_3 قد استعملا معًا، ففى المثال الأول يتدخل R_2 على مستوى كل مساواة وفى المثال الثانى يتدخل R_3 على مستوى صيغة ذات الحدين. وبالإمكان التعرف مع R_3 إلى شكل قديم من البرهان التكرارى. R_2 هو تقنية متقنة ولم يستعمل فى بعض المرات كما عند موروليكو. ولكى يبين رشدى راشد بأى إتقان طبق الاستدلال الارتدادى أمكنه اعتماد برهان السموأل :

$$\sum_{i=1}^{n} i^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

و قد برهن الكرجى على هذه الصيغة. لكن الكرجى صاغ صيغة مكافئة لـ :

$$\sum_{i=1}^{n} i^2 = (\sum_{i=1}^{n} i)(\frac{3}{2}n + \frac{1}{3}$$

و لقد برهن ابن الهيثم، تمثيلا لا حصرا، من قبل، على هذه الصيغة ، وعاد السموأل إلى البرهان الجبرى عليها، أولا :

$$(2n+1)\sum_{i=1}^{n} i = 3\sum_{i=1}^{n} i^2$$

و منها استخلص قيمة : $\sum_{i=1}^{n} i^2$ برهن، أولاً، المقدمات التالية :

مقدمة ١ : $(n+2)\sum_{i=1}^{n} i = n\sum_{i=1}^{n+1} i$

إن برهان هذه المقدمة هو من النوع شبه العام وبيانه هو :

$$(n+2)\sum_{i=1}^{n} i = \frac{n(n+1)}{2}(n+2) = n[\frac{n(n+1)}{2} + (n+1)] = n\sum_{i=1}^{n+1} i$$

مقدمة ٢ : $n(n+1) + (n+1)(n+2) = 2(n+1)^2$ لأى $n \in in$

بيان البرهان :

$$n(n+1) = (n+1)^2 - (n+1)$$
$$(n+1)(n+2 = (n+1)^2$$

نستنتج أن : $(n+1)[n + (n+1) + (n+2)] = 3(n+1)^2$ لأى : $n \in in$

مقدمة ٣ : $n\sum_{i=1}^{n+1} i = n\sum_{i=1}^{n-2} i + 3n^2$

يستعمل المقدمة السابقة.

بيان البرهان :

$(2n+1)\sum_{i=1}^{n} i = n\sum_{i=1}^{n+1} i + (n+1)\sum_{i=1}^{n-1} i$ تمت برهنتها ما قبل .

من المقدمة الأولى نستنتج : $(n+1)\sum_{i=1}^{n-1} i = (n-1)\sum_{i=1}^{n} i$

$$= (n-1)\sum_{i=1}^{n-3} i + 3(n-1)^2$$

بـ المقدمة (٣)

ولدينا أيضًا : $n\sum_{i=1}^{n+1} i = n\sum_{i=1}^{n-2} i + 3n^2$

$\therefore$: $(2n+1)\sum_{i=1}^{n} i = 3n^2 + 3(n-1)^2 + n\sum_{i=1}^{n-2} i + (n-1)\sum_{i=1}^{n-3} i$

$$= 3n^2 + 3(n-1)^2 + 3(n-2)^2 + 3(n-3)^2 + (n-2)\sum_{i=1}^{n-4} i + (n-3)\sum_{i=1}^{n-5} i$$

وبتطبيق المقدمات:

$$= \cdots = 3n^2 + 3(n-1)^2 + \cdots + 3 = 2^2 + 3 = 3\sum_{i-1}^{n} i^2$$

وبتعبير السؤال :

$$\overline{AG}.\overline{FH} = \overline{AH}.\overline{FG} + \overline{AF}.\overline{GH}$$

كما بينت ذلك القضية (١٢) . ولكن :

$$\overline{AF}.\overline{GH} = \overline{AG}.\overline{EF} = \overline{AD}.\overline{EF} + \overline{EF}^2\,\overline{AH}.\overline{FG} = \overline{AE}.\overline{FG} + 3\overline{FG}^2$$

$\therefore$: $\overline{AG}.\overline{FH} = \overline{AE}.\overline{FG} + 3\overline{FG}^2 + \overline{AD}.\overline{EF} + 3\overline{EF}^2$

لكن : $AE.\overline{FG} = \overline{AF}.\overline{ED} = \overline{AC}.\overline{DE} + 3\overline{DE}^2$

وَ : $\overline{AD}.\overline{EF} = \overline{AE}.\overline{CD} = \overline{AB}.\overline{CD} + 3\overline{CD}^2$

$\therefore$: $\overline{AG}.\overline{FH} = \overline{AC}.\overline{DE} + 3\overline{DE}^2 + 3\overline{FG}^2 + \overline{AB}.\overline{CD} + 3\overline{CD}^2 + 3\overline{EF}^2$

لكن : $\overline{AC}.\overline{DE} = \overline{AD}.\overline{BC} = 3\overline{BC}^2$

$\therefore$: $\overline{AB}.\overline{CD} = \overline{AC}.\overline{AB} = 3\overline{AB}^2 = 3\overline{AB}^2 = 3\overline{AB} = 1$

$\therefore$: $\overline{AB} = 1$

$\therefore$: $\overline{AG}.\overline{FH} = 3\overline{FG}^2 + 3\overline{EF}^2 + 3\overline{DE}^2 + 3\overline{CD}^2 + 3\overline{BC}^2 + 3\overline{AB}^2$

وهذا ما أراد رشدى راشد البرهان عليه.

فى ضوء عمل مورووليكو، لا يجد فرويدنتال، سوى نوعين من الاستدلال – R_2 وR_3 – قبل بليز بسكال. لكن فى ضوء عمل الكرجى والسموأل، يختلف تقويم رشدى راشد لبليز بسكال. الاستدلال الأول المدروس فى أثناء فك ذات الحدين – R_1 – لا يخلط بينه وبين R_2 وR_3. فمع R_1 أمكن رشدى راشد أن يرى كتابة نظام الانتقال من n إلى $n+1$ بالطريقة نفسها ومهما كان العدد الذى انطلقنا منه. والفكرة هى التالية : من واقع أن إجراء الانتقال من n إلى $n+1$ وحتى لو وضحنا الانتقال بعدد خاص من n ، هو صحيح ، فهو صحيح إذن بالنسبة إلى أى عدد ، فإن وسيلة الانتقال هى نفسها مهما كان العدد. هذا الاستدلال، من دون صياغته فى صورة قاعدة أو فى شكل نظري، يختلف عن R_2 وR_3 بل يبدو وكأنه ينطوى على بداهة الاستقراء الرياضي.

٤– الاستقراء الرياضى عند الكرجى والسموأل

بعد دراسة فرويدنتال ، كتب فريق نقولا بورباكى فى مطلع عقد الستينيات من القرن العشرين يقول إن مبدأ الاستقراء الرياضى كان قد استخدمه ف. مورووليكو للمرة الأولى فى القرن السادس عشر الميلادي. ولم يتردد رابينوفيتش فى وصف استدلال ليفى بن جرسون بأنه استدلال استقرائى رياضي. من جهة أخرى، احتفظ آخرون – مع بعض الفروق كفرويدنتال وبلا تحفظ مثل م. هارا (*M.Hara*) بفضل بليز بسكال وحده فى تطبيق مبدأ الاستقراء الرياضي(١٥) .

و القاسم المشترك بين هذه المواقف جميعها هو أنها تحول دون فهم أسباب ظهور أشكال الاستدلال الرياضى الجديدة. إن رفض وصف المحاولات المختلفة بأنها استقرائية رياضيًا والاحتفاظ بهذا الوصف لبليز باسكال هو منع لفهم هذه الأشكال الجديدة من الاستدلال التى ظهرت فى ضوء تجديد الجبر فى القرن الحادى عشر الميلادي.

إذا كان الاستقراء الرياضى كما بعد بيانو (*Peano*) هو ذلك الاستدلال المبنى على الإثبات أو أى مكافيء له ، مثل : إذا كانت P خاصية معرفة على N وإذا كانت $[p(n) \rightarrow p(n+1)]$ فإن P هى صحيحة أيًا يكن n ينتمى إلى N فمن الصعب، فى هذه الحال، اعتبار المحاولات السابقة لبليز بسكال محاولات استقرائية رياضيًا. فإن أية محاولة لا تنص على حجة الاستقراء - $p(n) \rightarrow p(n+1)$ - لأى عدد n ، بشكل صريح ، تستبعد من الاستقراء الرياضي. ترتبط هذه الصرامة بنظام المسلمات التام - المعروف كنظام بيانو - الذى يحتوى على مبدأ الاستقراء الرياضي، وبالتالى فكل صياغة سابقة على صياغة بيانو هى بالضرورة صياغة ناقصة.

كان على رشدى راشد أن يعود إلى صياغة بليز بسكال : إذا وجد مثلث حسابى يحتوى على هذه القضية، فإن المثلث التالى يمتلك الخاصية نفسها. من هنا فلكافة المثلثات الحسابية، المساواة نفسها، لأن المساواة توجد فى المثلث الأول حسب المقدمة الأولى (برهان أن فى المثلث الأول ، مجموع أجزاء صف مواز يساوى كافة توفيقات اس الصف فى اس المثلث). وهذه المساواة بديهية فى المثلث الثانى ، إذن وحسب المقدمة الثانية، فللمثلث التالى المساواة نفسها وننتقل إلى المثلث التالى وهكذا إلى ما لا نهاية.

و يرى رشدى راشد أن صياغة بليز بسكال أكثر تجريدًا وأنضج من أية صياغة معروفة قبله. فقبل باسكال (١٦٢٤) بثلاثين سنة لم يتمكن باشيه (*Bachet*) من أن يصوغ هذا الاستدلال صياغة ناضجة تماما.

مع ذلك تبقى عناصر مشتركة بين صياغة بليز بسكال والصياغات السابقة عليه. ظهرت هذه العناصر بوضوح فى استخدام باسكال لمبدئه. حدد رشدى راشد قوة صياغة بليز بسكال وحدودها:

١- طبق بليز بسكال كأسلافه مبدأ الاستقراء الرياضى على الطرق التوافيقية. ولقد رأى رشدى راشد أن الكرجى والسموأل يستعملان R_1 كطريقة برهان فى هذا المجال ، إذ شكلت أرضية نموذجية لتوضيح تطبيق مبدأ الاستقراء الرياضي. قبل بليز بسكال طبق ليفى بن جرسون وفرينيكل (*Frenicle*)(١٦٠٥،١٦٧٥) ، شكلاً أبسط لكنه مكافيء لـــ R_1 فى مجال التباديل.

٢- عرض بليز بسكال كما أسلافه استنتاج البرهان وفقا لحدسه لمجموعة N و هذا يحد من عمومية الصياغة، إذ إن $(\forall n)\, P(n)$ - حيث n عدد طبيعى - وفق حدس بمقتضاه تكون عناصر N: 0, $1,2,3$ ، وهكذا إلى مالا نهاية.

٣- طبق بليز بسكال كأسلافه ، إذ مع أن $[p(n) \rightarrow p(n+1)]$ لمطلق عدد وبواسطة المعطى : $P(n)$ صحيح ، يدرس باسكال سوى أعداد خاصة مثل ٣ و ٤ دراسة عملية فى البرهانين الأهم. حيث طبق مبدأ الاستقراء الرياضي.

كى يقيم برهان المبرهنة المكافئة لِ : $C_n^p / C_n^{p+1} = (p+1)(n-p)$

يتحقق كمها إذا كان $n=1$ ، يفترض صحتها إذا كان $n=4$ ويبرهنها إذا كان $n=5$ ويستنتج بصورة : R_1، إذ يبرهن لكل الباقى لأن هذا الدليل ليس مبنيًا إلا على وجود هذه القضية فى القاعدة السابقة وأن كل خانة تساوى الخانة السابقة مع التالية، وهذا صحيح أينما كان.

و المثل الآخر يكافىء :

$$\varphi(a,b) = \sum_{i=a}^{a+b-1} C_a^i + b - 1 / \sum_{k=0}^{a+b-1} c^k a + b - 1$$

حيث ؟ (a,b) حاصل ضرب الجمع المنسوب بالرهان للاعب A فى لعبة متعادلة من لاعبين A و B حيث يلزم a دور لــ A و b دور لــ B. هنا يتحقق من البرهنة إذا كان $n=2$ ويفترض صحتها إذا كان $n=4$ ويبرهنها إذا كان $n=5$ ويستنتج بأسلوب مشابه للاستنتاج السابق.

٤- لم ينسب بليز بسكال كما لم ينسب أسلافه أى اسم إلى الاستدلال المستخدم. ويبدو أن غياب الاسم يعنى أن هذا الاستدلال ليس سوى طريقة خاصة، ولم يصبح بعد برهانًا مستقلاً بنفسه غير مرتبط بحقل تطبيقه كى يتطلب نعتًا باسم. ولم يظهر هذا الاسم إلا فى المدرسة الجبرية البريطانية ، ج. باكوك (*G. Peacok*) ومورجان (*Morgan*) .

٥- إن تقدير المبدأ كطريقة عامة للبرهان ووضعه فى مكانه الصحيح يقضى بالتدقيق فى كيفية تصوره عند أتباع باسكال. فلو تم فهمه باعتباره طريقة عامة لأدى ذلك إلى إدخال تغييرين :

أ- التفريق بين الاستقراء التام والاستقراء غير التام؛

ب- رفض أى برهان على طريق الاستقراء غير التام.

وحتى القرن الثامن عشر ظل "الاستقراء" يعنى : يُطال معنى هذا التعبير بشكل ملائم بالمثل التالى:

$$(a+b)^m = a^m + ma^{m-1}b + \frac{m(m-1)}{1.2}a^{m-2}b^2 + \frac{m(m-1)(m-2)}{1.2.3}a^{m-3}b^3 +$$

من لا يعرف الطريقة الصحيحة والعامة لبرهنة هذه الصيغة يقدر استنتاجها إذا ما تحقق منها فى حالة $m=1$, $m=2$, $m=3$ ... إلخ . وإقرارها بالاستقراء.

إن الفرق بين الاستقراء التام والاستقراء غير التام عند برنوللى ، تمثيلا لا حصرا ، سرعان ما يتوارى. فى تلك الحقبة كان العلماء لا يزالون بعيدين عن الفهم الحقيقى لضرورة الاستقراء الرياضي. فإن برنوللى (*Jacques Bernoulli*) لم يفرق بل نقض علمية استخدام الاستقراء غير التام. مع ذلك فإن واليس *Wallis* ومونمور (*Montmort*) ودوموافر (*Demoivre*) وبرنوللى نفسه قد توسلوا بطريقة أو أخرى فى البرهنة بواسطة الاستقراء غير التام. ولم يقطع بليز بسكال مع استدلال *R1*، فإنه لم يتجاوز التطبيق إلى التنظير، مع أنه كان بإمكان هذا المبدأ أن يستبعد نهائيًا أى برهان بمجرد الاستقراء (أي، الاستقراء الغير التام).

و لم يقصد رشدى راشد إنكار التجديد فى صياغة بليز بسكال بالمقارنة مع الاستعمالات غير المصاغة لـــ R_1 ، أو حتى الصياغات السابقة عليها ، كصياغة باشيه. هذه الجدة هى التى تؤسس تأسيساً معاصراً لرؤية مبدأ بليز بسكال. ومع نقص الدقة فى صياغة مبدأ بليز بسكال، فهو يؤسس لرؤية صور مبدأ الاستقراء الرياضى القديمة. فى ضوء صياغة مبدأ بليز بسكال لا بد من إدخال R_1 كاستدلال إستقرائى رياضي، ويصبح الاستدلال التراجعى شكلا قديما من أشكال الاستقراء الرياضي. فى ضوء صياغة مبدأ بيانو ليس بالإمكان إدخال R_1 كاستدلال استقرائى رياضي، ولا النظر إلى الاستدلال التراجعي، بوصفه شكلا قديما من أشكال الاستقراء الرياضي. من هنا أتمت محاولة بليز بسكال محاولتى الكرجى والسموأل، بينما أتمت محاولة بيانو محاولات وبدايات بليز باسكال. فى ضوء صياغة مبدأ بليز بسكال لا بد من إدخال طرق البرهان لكل من الكرجى والسموأل – R_1 بشكل رئيسى والبرهان التراجعى إلى حد ما – بوصفها بداية الاستقراء الرياضى الحديث.

ب – التحليل العددي

استخراج الجذر الميمى وابتكار الكسور العشرية

فى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادي

كان ابتكار الكسور العشرية محصلة واقعتين:

– ما قبل القرن الثانى عشر. وكان الهدف هو تجديد الجبر بالحساب وواسطتها كان توسيع الحساب الجبرى المجرد ؛

– فى ما قبل القرن الثانى عشر، قامت نظرية الكسور العشرية من خلال عودة الجبر المجدد إلى نظرية الأعداد والتحليل العددي. تقدم فصل اقتصر حتى ما قبل القرن الثانى عشر الميلادى على مجرد التجميع للوسائل والوصفات ، أى تقدم فصل اقتصر حتى ما قبل القرن الثانى عشر الميلادى على الطرائق العددية للتقريب[١٦] .

ب–١–: الصياغة التاريخية المألوفة

لقد كان من المألوف أن ينظر المؤرخون إلى الديسم (*La disme*) التى كتبها س. ستيفن *S.Stevin* بوصفها عرضا أوليا للكسور العشرية. ولدى وصول المؤرخين إلى معرفة من سبق س. ستيفن *S.Stevin* من علماء الرياضيات الغربيين، أصابهم بعض الارتباك. لكنهم لم يضعوا أولية الرياضى الفلمنكى س. ستيفن *S. Stevin* موضـــع التســاؤل. كانت معرفة رودولف (*Ch.Rudolff*) وأبيان (*P.Apian*) وغيرهما من الرياضيين بالكسور العشرية جزئية وناقصة. فى حين عرض س. ستيفن *S. Stevin* بوجه خاص لمسألة الكسور العشرية، فقد درس رودولف (*Ch. Rudolff*) وأبيان (*P. Apian*) وغيرهما من الرياضيين الكسور العشرية من خلال مسائلهم الخاصة. ففى عام ١٩٣٦ كشف س. جاندز (*S. Gandz*) وج. سارتون (*G. Sarton*) عن نص لبونفيس *(Bonfils)*(١٣٥٠). وزعزعت شروحات س. جاندز *S. Gandz* ذلك التقليد أو ذلك الإعتقاد السائد بأسبقية بونفيس *Bonfils* فى ابتكار الكسور العشرية. ولأن نص لبونفيس *Bonfils* مثل مشروعا غامضا لصياغة نظرية الكسور العشرية، فقد تصاعد القول بأنه لم تقم قبل س. ستيفن *S.Stevin* أية محاولة فى المستوى الذى وصل إليه س. ستيفن *S. Stevin*.

لكن فى عام ١٩٤٨ أثبت ب. لوكى (*P. Luckey*) أن كتاب "مفتاح الحساب" للكاشى (المتوفى ٦٣٤١–٧٣٤١) يتضمن عرضًا للكسور العشرية لا يقل عما قام به س. ستيفن *S. Stevi*. وانحاز المؤرخون درجة إلى رأى ب. لوكى *P.Luckey*، ونسبوا إلى كتاب "مفتاح الحساب" للكاشى (المتوفى ١٤٣٦–١٤٣٧) اكتشاف الكسور العشرية وابتكار الاسم لها، فارتبكت أسبقية س. ستيفن *S. Stevin* وهناك ثلاث محاولات لتأريخ ذلك الاكتشاف :

١– محاولة انتقائية تدمج اسم الكاشى من دون قيد أو شرط فى الجدول التاريخى القديم للكسور العشرية؛

٢– المحـــاولـــة الثانيـــة تكـــرر خطـــأ جاندز وتماثل بين بونفيس والكاشي. وهكذا ذهب سترويك (*J. Struik*).

٣- المحاولة الثالثة هى محاولة الجبر.

من هنا استخلص رشدى راشد شروط الاكتشاف.

ب-٢- : الطرق العددية ومسائل التقريب

إن الضبط المتزامن للتصورات والتقنيات الجبرية الذى سبق أن أجراها رشدى راشد أسست لتعيين تجدد معين للجبر فى القرن الحادى عشر الميلادي. هذا التجدد الذى تطوع له الكرجى (فى نهاية القرن العاشر الميلادى وبداية القرن الحادى عشر الميلادي) وتابعه أتباعه، بعامة، والسموأل (المتوفى فى ١١٧٤) بخاصة، كان يهدف إلى "إجراء عمليات على المجهولات كتلك التى يحريها الحسابى على المعلومات".

كان المقصود هو تطبيق الحساب على جبر الخوارزمى وأتباعه. هذه الحسبنة للجبر كما بينها رشدى راشد كانت تتخذ من توسيع الحساب المجرد وسيلة رئيسة. هذه الوسيلة أثبتت فعاليتها ليس فى التوسع الخاص بالجبر كما فى "حساب المجهولات" إنما فى تقدم نظرية الأعداد كما فى الطرق العددية. أسس ذلك لفهم أعمق لإحدى النزعات الأساسية للجبر العربي. فإن درس أعمال الرياضيين من مدرسة الكرجى مكن رشدى راشد من أن يبين :

١- إن كشوف عدة منسوبة حتى الآن إلى جبريّى القرنين الخامس عشر الميلادى والسادس عشر الميلادي، هى من عمل الرياضيين من مدرسة الكَرَجي. ومن بين ما توصل إليه الرياضيون من مدرسة الكرجي، نظريات كاملة كجبر متعددات الحدود ، وقضايا جوهرية - صيغة ذات الحدين وجدول المعاملات ، وخوارزميات مثبتة - كتلك الخاصة بقابلية قسمة متعددات الحدود، وطرق البرهنة كالاستقراء التام؛

٢- توج كتاب "مفتاح الحساب" للكاشى (المتوفى ١٤٣٦-١٤٣٧) استعادة بدأها جبريّو القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادي.

و يفترض رشدى راشد إن الكسور العشرية التى لا يزال ينسب كشفها إلى كتاب "مفتاح الحساب" للكاشى (المتوفى ١٤٣٦-١٤٣٧) ، هى من عمل جبريّى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادي. ومن بين أتباع الكرجي، كان السموأل أفضل من ساعد رشدى راشد على استخلاص تفسير لهذا الافتراض. ومؤلفه الجبرى الذى عرضنا لتحليل رشدى راشد له سابقًا بدا له بوصفه مساهمة نظرية وتقنية لتحقيق

مشروع الكرجى فضلا عن كون بحثه الجبرى "الباهر" يؤكد له أنه من بين جميع أتباع الكرجى كان هو من دون شك أحد الذين التزموا بإنجاز مشروعه.

فى بحث آخر للسموأل "القوامى فى الحساب الهندي" المحرر فى ١١٧٢ (قبل وفاته بعامين) عرض للكسور العشرية. وقد قدم رشدى راشد صورة عنه كخلاصة لـــ "بحثه" وكعمل رياضى أخير لسموأل.

فإن النتائج التى وصل إليها الجبر المجدد كانت شرط العودة إلى الحساب. فظهر الحساب وكأنه المجال المختار للتطبيق. فقد تم التوصل إلى تعميم الطرائق والوسائل التطبيقية فى الحالات وحدها عند الحسابيين مما وفر لهم طرقًا أخرى مجهولة. ولقد شكلت مجموعة هذه الوسائل والطرائق منذ ذلك الحين جزءًا مما سمى فيما بعد بـــ "التحليل العددي". ففى نهاية الحركة الأولى لهذه العوده الظاهرة فى كتاب "القوامى فى الحساب الهندي" للسموأل، ظهرت نظرية الكسور العشرية. وهى نظرية تقنية ضرورية للعودة الفضلى.

بدا الابتكار الأول للكسور العشرية لرشدى راشد وكأنه الحل النظرى لمسألة نظرية وتقنية معا.

تمكن رشدى راشد من إزاحة تواريخ مختلف الاكتشافات لقرنين ونصف القرن، وتمكن رشدى راشد من إزاحة تاريخ اكتشاف الكسور العشرية : لماذا هذه الكشوف ؟ ما أسباب ظهور هذه الكشوف فى ذلك المكان وفى ذلك الزمان؟

كان لابد لرشدى راشد أولاً أن يعرض لتصورات وتقنيات نظرية الكسور العشرية. ففى كتاب السموأل تلت هذه النظرية فصول عدة حول مسائل التقريب وبصورة خاصة تقريب الجذر الميمى (الموجب) لعدد ما. إن المقصود هو تقريب الأعداد الحقيقية الجبرية حيث يتحدد كل عدد كجذر للمعادلة $x^n=q$: حيث $n=2.3.000.$ ، ولكن لا يمكن معرفته بواسطة الأعداد العشرية. وبفعل "قرب" يقصد السموأل معرفة عدد حقيقى بواسطة سلسلة من الأعداد المعلومة ، مع تقريب بإمكان الرياضى تصغيره إلى أى حد مطلوب. إن المقصود هو قياس الفرق بين الجذر الميمى الأصم وسلسلة من الأعداد النسبية. فالسموأل كان يعى المسألة المطروحة فى التفسير السابق عندما كان يتعلق الأمر بقوى أكبر من ثلاث. وهى مسألة منتجة. مسألة التقريب هى مسألة قياس الفرق.

أ– طريقة "روفيني – هورنر"

أثبت ب. لوكى *P.Luckey* أن الكاشى كان عنده طريقة عامة لاستخراج الجذر الميمي. وهى ليست سوى التطبيق على حالة خاصة كطريقة رياضيى القرن التاسع عشر الميلادى أمثال روفينى وهورنر. لأن الكاشى وأتباعه لم يعلنوا عن اكتشافهم، واستحضر المؤرخون لذلك الكشف مصدرًا صينيًا من القرن الثانى عشر

الميلادي. وما زالت تلك الصورة مستمرة رغم إنصاف ب.لوكى *P.Luckey* والأعمال المهمة الحديثة حول رياضيى القرن الخامس عشر الميلادي.

أثبت رشدى راشد، إذن، أن أعمال الجبريين التى نسبت إلى القرن الخامس عشر الميلادي، وأعمال الجبريين التى نسبت إلى القرن السادس عشر الأوروبي، كانت من نتاج الكرجى ومدرسته. فصول كاملة من الجبر مثل فصل تطبيق العمليات على متعددات الحدود، دساتير أساسية مثل دستور ذى الحدين وحساب أمثاله بما فى ذلك اكتشاف ما يسمى بمثلث بليز بسكال، والذى بين رشدى راشد بفضل السموأل أنه من أعمال الكرجي، مناهج حسابية متقنة مثل منهج قسمة متعدد الحدود ومنهج استخراج جذره التربيعي، قضايا متعددة من نظرية الأعداد وتطبيق كل هذه العمليات على العبارات غير المنطقية، مما أدى إلى معرفة القيمة الجبرية للأعداد الحقيقية. لم يكن اختراع السموأل للكسور العشرية كشفا من عدم، إلا أن اختراع الكسور العشرية لم يصل إلى هذه الدرجة من العمومية من قبل السموأل. صاغ السموأل كشفه فى صورة "طريق عام أو منهج عام" لتصحيح الكسور فى كل أعمال التقريب بغير نهاية. الجديد فى كشف السموأل هو التعميم أو وضع أصل واحد لأعمال التفريق جميعا –القسمة، التجذير، التضليع– لهذه المراتب كلها وتصحيح الكسور الواقعة فى هذه الأعمال بغير نهاية. وقد بقى منهج السموأل حتى القرن الثامن عشر الإوروبى على وجه التقريب. من جهة أخرى كانت معرفة الاقليدسى بالكسور العشرية حدْسية. ولم تخرج معرفة الاقليدسى بالكسور العشرية الى صياغة التصور النظرى الكامل إلا بعد تجديد الكَرَجى ومدرسته فى الجبر. من هنا كان على رشدى راشد أولاً تعريف هذه الطريقة وتحديد صياغتها فى القرن الثانى عشر الميلادي، من خلال المثال التالي:

ب– خطوات استخراج الجذر الخماسى لـ :

$Q=0,0,0.2,33,43,3,43,36,48,8,16,52,30.$

و هذا يكافىء البحث عن الجذر الموجب للمعادلة :

$(1)\ f(x)=x^5-Q=0$

ويمكن رشدى راشد تمييز عدة مراحل للبحث عن الحل :

تمهيدية : $K\epsilon\mathbb{Z}$

حدد رشدى راشد أولاً المواقع من نوع nk حيث $n=5$ و k

نحصل على المواقع الخاصة: $0,-5,-10,-15$

يسمى رشدى راشد هذه المواقع ، المواقع التامة أى المواقع التى يمكن لأرقام الجذر الموجب أن تأخذها.

كل من هذه المواقع ذكر مرتين. أضيف رشدى راشد عن جهة اليمين العدد الضرورى من الأصفار فحصل على الشرائح التالية :

		2	33	43
3	43	36	48	8
16	52	30	0	0

المرحلة الأولى :

(١) يمكن رشدى راشد تعيين مجال الجذر ، ليكن

$x_0 \in [60^{-1}, 60^{0}]$ ، يكتب x_0 إذن على الشكل التالى :

$$x_0 = x_1 60^{-1} + x_2 60^{-2} + \ldots + x_p 60^{-p} + r$$

حيث x_i ليست جميعها معدومة. ترجع المسألة إذن لتحديد كل من : $x_1, x_2, \ldots\ldots x_p$ على التوالى.

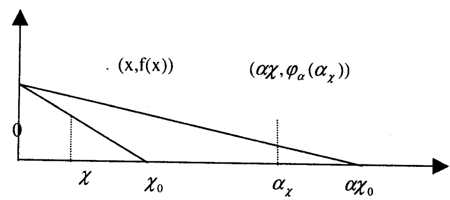
لاحظ رشدى راشد أن السموأل لا يبحث عن كسر لتحديد قيمة x_1 بل عن عدد صحيح بحيث يمكن طرح قوته الخامسة من الشريحة الأولى التى سبق له أن اعتبرها شريحة من الأعداد الصحيحة وليس ككسر. ويكتب كذلك القوى المتتالية لـــ x_1 حتى المرتبة $n - 1 = 4$. وهكذا يكشف عن ما يلى :

$$x_1^2 = 36, x_1^3 = 3,36 x_1^4 = 21,36.$$

المقصود، هنا، القاعدة الأولى للطريقة. إذ يلجأ الرياضى إلى تمديد متعددات الحدود بواسطة عدد موجب معطى فينتج بعد تمديد f بنسبة $x = 60$:

$$(2)\ f1(x)=x5-605Q=x5-Q1=x5-2,33,43;\ 3,43,36,48,8,16,52,30 = 0$$

إن البحث عن أكبر عدد صحيح بحيث يمكن طرح قوته الخامسة من الشريحة الأولى يعنى ببساطة تحديد قيمة x_1 بحيث :



$$(3)\quad x_1^5 \leqq Q_1 < (x_1+1)^5 \leftrightarrow x_1^5 - Q_1 \leqq 0 < (x_1+1)^5 - Q_1.$$

و لاحظ رشدى راشد أنه إذا كانت نقطة ما $(x,f(x))$ تقع على منحنى f فالنقطة $(ax,f(x))$ تقابلها على منحنى φ_α الناتج عن التآلف الذى نسبته α ومحوره O_χ .

وهى خوارزمية معتادة لدى رياضيى تلك الحقبة ليست من اختراع السموأل وحده.

فبعد أن أجرى حساب القوى المتتالية للعدد x_1 أعطى السموأل جدولاً أدخل رشدى راشد الترميز χ_i^j واستعملنا الكتابة *1,48* مثلاً بدلاً من $\frac{1}{4\ 8}$ كما طبق السموأل .

بدأ رشدى راشد قراءة شرح السموأل ثم شرح على شرح السموأل .

ودرس السموأل فيما بعد عناصر القطر:

$$, 1,48,0=5.6^4\ 6,0=10.6^2,\ 36,0=10.6^3\ 30=5.6,$$

يثير رشدى راشد بعد ذلك سؤالين :

١-ما هذه الخوارزمية ؟

٢-لماذا درس السموأل عناصر القطر؟

وبين رشدى راشد أن السؤالين يتعلقان بالقاعدة الثانية للطريقة.

ثم بدأ رشدى راشد بالإجابة عن السؤال الثانى: لماذا يهتم السموأل بعناصر القطر؟ صيغت الخوارزمية للحصول على عناصر القطر. هذه العناصر ليست سوى معاملات المعادلة الناتجة عن التحويل (٢). فبعد أن مدّد الرياضى الدالة وحصل بذلك على (٢) يُنقص الرياضى جذور (٢) بقيمة x_1. بفرض $x_1 - x = x^2$ الجذر المنقص منه x_1 . إذن :

$$X=x+x_1$$

$$f_2(x)=\sum_{p=1}^{5} c_5^p x^p x^{5-p} - Q_2 = 0$$

حيث : $Q_2 = Q_1 - x_1^5$

وتتحول المعادلة بواسطة هذا الإنقاص إلى :

$$(4)\quad f_2(x)=\sum_{p=1}^{5} c\,{}_{5}^{p} x^{p} x_{1}^{5-p}\; p - Q_2 = 0$$

(حيث x هو الجذر المنقَّص) .

$\therefore$: $f_2(x)=x^5+30x^4+6,0x^2+1,48.0x-24,7;3,43,36,48,8,16,52,30$

هذه هى خوارزمية هورنر كما تطبق على الحالة الخاصة $x^n - Q = 0$. كى نبرهن ذلك يكفى كتابة خوارزمية هورنر للحالة السابقة ومقاربتها بتلك التى يقترحها السموأل حيث :

$Q1 = 2,33,43;3,43,36,48,8,16,52,30$

$Q2 = 24,7;3,43,36,48,8,16,52,30$

قارن رشدى راشد إذن جدول هورنر بجدول السموأل ورأى أنهما متشابهان مع فوارق طفيفة تعوز جدول السموأل وهى :

١- العمود الأول

٢- العدد Q_2 -

حساب هذا العدد يتم بحساب قيمته المطلقة فى السطر المخصص لاستخراج الجذر الخماسى للعدد. وتزول هذه الفوارق تقريبًا إذا ما لاحظنا أن جوهر قاعدة تشكيل المثلث هو نفسه عند كليهما . فلو سمينا $x\ i.j$ عناصر هذا المثلث حيث : $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n-1,$

لكان : $a_{i.j} = a_{i-i.j} + x_1 a_{i.j-1}$.

(٣) بعد أن وسع السموأل الدالة وحصل على الرقم الأول من الجذر وحول المعادلة بإنقاص جذورها بواسطة هذا الرقم ، يعطى جدولا يعبر بلغة أخرى عن المعادلة المحوّلة.

المرحلة الثانية :

(١) لاحظ رشدى راشد أن السموأل يحضر تحديد الرقم الثانى للجذر x_2 ، مستعيدًا العمليات السابقة، وهكذا يرد البحث عن x_2 إلى بحث عن عدد صحيح لا عن كسر ، فيمدد الدالة f_2 بواسطة النسبة $\beta=60$ ويحصل إثر ذلك على :

$$(5)\quad f_3(x)=\sum_{p=1}^{5} c\,{}_{5}^{p} 60^{5-p} x_1^{5-p} x^{p} - Q_3 = 0$$

حيث : $Q_3 = 60^5 Q_2$

$\therefore$: $f_3(x)=x^5+30,0x^4+6,0,0x^3+36,0,0,0x^2+1,48,0,0,0,0x$

$-24,7,3,43.36,48,8;16,52,30$

(٢) يسعى إلى تحديد x_2 بحيث :

$$(6)\ f_3(x_2) \leqq 0 < f_3(x_2+1) \leftrightarrow f_3(x_2)+Q_3 \leqq Q_3 < f_3(x_2+1)+Q_3.$$

ليكن $x_2=12$ الرقم الثانى من الجذر ، نسعى لإنقاص x_2 من جذور $f_3(x)$ نفرض أن $x''=x-x\ 2$ هو الجذر المنقّص بمقدار x_2 . إذن $x=x''+x_2$

وَ :

$$(7)\ f_3(x) = \sum_{p=1}^{5} c_5^p\, 60^{5-p}\, \chi_1^{5-p} (x''+x_2)^p - Q_3 = 0.$$

وتصبح المعادلة المحولة بهذا الإنقاص بواسطة خوارزمية هورنر :

$$f_4(x) = \sum_{p=0}^{4} a_p x^{5-p} - Q_4 = 0$$

حيث : $a_0=1$

$A_1=31,0,\qquad A_2=6,24,24,0,$

$A_3=39,43,.16,48,0.\qquad A_4=2,3,8,10,4,48,0.$

$Q_4=1,1,44,1,39,40,56;16,52,30$

أنجز السموأل هذا الحساب بواسطة جدول أول يهدف إلى حساب :

$$Q_4=Q_3-[\{(5x_1 60+x_2)x_2+10\,\chi_1^2\, 60^2]x_2+10\,\chi_1^3\, 60^3\}x_2+5\,\chi_1^4\, 60^4]x_2$$

و خصص السموأل الجدول الثانى لحساب باقى معاملات المعادلة المحولة بواسطة "خوارزمية هورنر".

(٣) مدّد الدالّة، وحصل على الرقم الثانى لجذر المعادلة المحوّلة، بإنقاص جذورها بهذا الرقم.

لاحظ رشدى راشد أن البحث عن x_2 كان من الممكن أن يكون أصعب بكثير لو اكتفى السموأل كما فى حالة x_1 بفرض شرط واحد هو أن يكون x_2 هو العدد الصحيح الأكبر ذو القوة الخامسة الواردة فى Q_3. لا يبين السموأل، حسب تقويم رشدى راشد، هذه النقطة، ويقتصر على هذا الرقم الذى يحقق مفكوك الحدانيّة بأُسٍّ 5 .

و بين رشدى راشد أن على x_2 أن يحقق (6)، وهو شرط مكافيء لـــ (3) . يكتب رشدى راشد $f_3(y)=0$ بالصورة التالية :

$$[\{[5x_1 60+y)y+10\,\chi_1^2\,60^2]y+10\,\chi_1^3\,60^3\}y+5\,\chi_1^4\,60^4.]y=Q_3$$

إذن بقسمة Q_3 على $5\chi_1^4, 60^4$ نتوصل إلى تقريب x_2 بواسطة قيمة y .

قد يكون حاصل القيمة الناتجة أكبر من قيمة x_2 ولكن بالإمكان إجراء المقاربة التدريجية لتحديد قيمة x_2.

بالامكان تفسير المقاربة التدريجية لتحديد قيمة x_2 ، تفسيرين اثنين : التفسير الأول هو الملاحظ التجريبية مع أن $5x_1^4 60^4 \leqq Q_3$. نجرى عمليات قسمة متتالية ، ومن التجريب كيما نحدد x_2. إن التفسير الثانى هو مبدأ المشتق. وذلك عندما يهمل معاملات y^k ، حيث $k>1$. وليس من مبرر لمبدأ المشتق فى عمل السموأل .

المرحلة الثالثة

حدد السموأل ١٧الرقم الثالث x_3 للجذر. وبالطريقة نفسها يبحث السموأل عن $x3$ كعدد صحيح وليس ككسر. وهكذا بعد تمديد $f4$ بنسبة $y=60$ نحصل على:

$$(8)\ f_5(x)=x^5+31,0,0x^4+6,24,24,0,0x^3+39,43,16,48,0,0,0,0x^2$$
$$+2,3.8.10,4,48,0,0,0,0,0x-1,1,44,1.39,40,56,16,52,30,0,0.$$

لتكن الآن $x_3=30$ ،

إذن : $f_5(x_3)\leqq 0 < f_5(x_3+1) \leftrightarrow f_5(x_3)+Q_5 = g(x)-Q_5 = 0$

ليكن $x'''=x-x_3$ هو الجذر المنقص الذى يعادل الصفر . فى الحالة المطروحة هنا ، نحصل على المعادلة المحولة :

$$f(x)=x^5+b_1x^4 b_2x^3+b_3x^2+b_4x-Q_5=g(x)-Q_5=0$$

$$g(x)=[\{(a_1 60+x)x+a_2 60^2]x+a_3 60^3\}x+a_4 60^4]x,$$

وهى عبارة ، صاغها السموأل فى جدول حيث سطوره المتتابعة هى :

$[(a_1 60+x)x+a_2 60^2]=6,24,39,30,15,0$

$\{[(a_1 60+x)x+a_2 60^2]x+a_3 60^3\}=39,46,29,7,45,7,45,7,30,0$

(9) $\{[(a_1 60+x)x+a_2 60^2]x+a_3 60^3\}x+a_4 60^4=2,3,28,3,19,21,52,33,45,0,0$

و بواسطة خوارزمية هورنر كشف رشدى راشدعن الجذر المطلوب :

$x_0=:x_1x_2x_3=:6,12,30.$

و هكذا كشف رشدى راشد عن الفرق فى طريقة **العرض** بين طريقة الكاشى وطريقة رياضيى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادي. **ففى الكاشى ورياضيى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادي، يطبق الرياضيون المنهج نفسه الذى هو أساس طريقة روفينى – هورنر بالنسبة إلى الحالة الخاصة** $f(x)=x^n-Q=0$ على الأقل. لحل هذه المعادلة العددية ، يجزأ العدد Q لشرائح كى يُحدّد مجال الجذر الموجب ، تُمدد أو تُقلص الدالة f حسب الحالة وبالتالى ننقص جذور المعادلة المحوّلة التى يُحصل على معاملاتها بواسطة خوارزمية هورنر.و نكرر الطريقة حتى استنفاد أرقام الجذر. ونطبق هذا المنهج بطريقة جبرية بحتة.

كان دور الجداول الرمزى واضحاً عند الكاشى كما عند أسلافه. فمع أن الجداول الرمزية كانت ثقيلة، صارت كتابة متعددات الحدود وعملياتها، كتابة ممكنة. واستخدم الكاشى ورياضيو مدرسة الكرجي، الجداول الرمزية نفسها مع أن الكاشى جمع فى جدول واحد ما جمعه أسلافه فى جداول عدة متتالية.

فأهم التقارير فى كتاب مفتاح الحساب للكاشى كانت قد وردت فى أعمال الكرجى وأتباعه. والجداول التى حذفها ناسخ بحث شرف الدين الطوسى تشبه طريقة روفينى – هورنر ليس فى الحالة الخاصة لاستخراج الجذر الميمى لعدد ما وحده إنما فى الحالة العامة (لحل المعادلات الجبرية ذات المعاملات العددية). **إن طريقة شرف الدين الطوسي، التى ليست بالضرورة من ابتكاره، هى بمعنى ما، أحدث من طريقة فييت.**

و فى ضوء اكتشاف طريقة روفينى – هورنر عند رياضيى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى والمطبقة على حالة استخراج الجذر الميمى الخاصة، وفى أفق اكتشاف نظرية الكسور العشرية عند الرياضيين أنفسهم ، طرح رشدى راشد مسألة تعميم هذه الطريقة طرحاً تاريخياً ولم يقتصر على الطرح

الرياضي. وبالتالي ، درس رشدى راشد مشروعية إضافة اسم روفينى – هورنر إلى طريقة شرف الدين الطوسي. لكن تعميم طريقة ما لا يعنى مدّ مجموعة من الطرق. إن عمل شرف الدين الطوسى فى مجمله لا ينتمى إلى الجبريين الحسابيين من مدرسة الكرجى (الكاشي) إنما مثل عمل شرف الدين الطوسى مساهمة مبكرة جدًا وأساسية لجبر المنحنيات بواسطة المعادلات. أسس عمل شرف الدين الطوسى للهندسة الجبرية.

إن تعميم الطريقة يقضى من الرياضى بإدراك الظاهرة المدروسة وبتأسيس عمليات هذه الطريقة المختلفة. من هنا يؤسس الرياضى للتمديد. كان بإمكان السموأل والكاشى تفويض تعميم الطريقة وإدراك الظاهرة المدروسة وتأسيس عمليات هذه الطريقة المعممة، المختلفة، إلى التجريب. وأورد رشدى راشد نموذجا توضيحيا واحدا لشرف الدين الطوسي. وهو نموذج يبين قيام طريقة روفينى – هورنر، فى صورة عامة، نسبيًا قبل الكاشي.

ليكن : $f(x)=g(x)-N=0$

حيث : $g(x)=x^3+a_1x^2+a_2x$

و $N=n_0 10^n+n_1 10^{m-1}+....+n_m$

نحدد أولاً المواقع التامة لـــN أى المواقع ذات الشكل np حيث $n=3$ و $p \in z$. المقصود إذن تحديد الشرائح للأرقام الثلاثة التى تشكل N . ليكن q_0 العدد الصحيح الأكبر من شكل np حيث $0 \leqq q_0 \leqq m$. وليكن p_0 بحيث $q_0=np_0$. ليكن k_1 و k_2 الترتيبين العشريين على التوالى لكل من a_1 و a_2 وليكن $[\frac{k_2}{2}]$ الجزء الصحيح من $[\frac{k_2}{2}]$.

ميز الطوسى بين حالات ثلاث :

$$(1)\ p_0 > [\frac{k_2}{2}],\ \text{و}\ p_0 > k_1$$

$$(2)\ k_1 < [\frac{k_2}{2}],\ \text{و}\ p_0 < [\frac{k_2}{2}]$$

$$(3)\ [\frac{k_2}{2}] < k_1 .\ \text{و}\ p_0 < k_1$$

حلّل رشدي راشد الحالة الأولى :

مثال : $f(x)=g(x)-N= x_3+12x_2+102x - 34345395 = 0$

ليكن x_0 الجذر الموجب المفترض ، نعرف أن $x_0 \in [10^2,10^3]$

إذن : $x_0=a_1 10_2+a_2 10+a_3$

(١) نبدأ أولاً بتحديد المواقع التامة ، من اليمين إلى اليسار :5,5,4 .

(٢) ونقلص f بالنسبة $\beta_1 = 10^{-2}$ وهذا يكافئ الافتراض : $x=10^2x'$ نحصل على :

$$f(10^2x')=(10^2x')^3+12(10^2x')^2+102(10^2x')-n=0$$

و هذا يكافئ بدوره :

$$f_1(x')=x'^3+0,12x'^2+0,0102x'-N_1=g_1(x')-N_1=0$$

حيث : $N_1= 10^{-6}N= 34,345395$.

يكون عندها x'_1 أكبر عدد صحيح حيث مكعبه محتوى فى $N_1:x'_1=a_1=3$

فإذا كان a_1 الرقم الأول للجذر فإن :

$x_1=10^2x'_1=10^2x_1=300$

(٣) يتم إنقاص جذور $f_1(x')$ بقيمة $x'_1=3$ بواسطة شكل قديم لخوارزمية هورنر ، فنحصل عندها على معاملات المعادلة المحوّلة :

$F_2(y)=f_1(y+x'_1)$ حيث $y=x'-x'_1$

و $f_2(y)=g_2(y)-N_2$،

$\therefore$: $N_2=N_1-g_1(x_1)f_2(y)$

$$=y^3+(3\chi_1^{'}+0,12)y^2+(3\chi_1^{'2}+2x0,12\chi_1^{'}+0,0102)y$$

$-[34,345395-(\chi_1'^3 +0,12\chi_1'^2+0,0102\chi_1')]$

$=y^3+9,12y^2+27,7302y-6,234795.$

لاحظ رشدى راشد أن الطوسى ، فى حساب معاملات المعادلة المحوّلة ، لا يجرى سوى حساب المعامل الخاص y وحساب N_2.

(٤) يمدّد f_2 بالنسبة $\beta_2=10$ وهذا يكافئ الافتراض $y=10^{-1}y'$

فيحصل على : $f_2(10^{-1}y')=0$

و هذا يكافئ :

$f_3(y')=y'^3+91,2'^2+2773,02y'-6234,795=g_3(y')-N_3=0.$

لاحظ رشدى راشد أن الطوسى مهد ، منذ نهاية المرحلة السابقة ، للبحث عن الرقم الثانى للجذر أو a_2. لكن إذا كان شكل الجذر الحقيقى المطلوب فى المرحلة الأولى هو : $a_110^2+a_210+c_3$ ، فبعد التقليص واستخراج الرقم الأول والإنقاص، يصبح الجذر المنقّص المطلوب جذرًا للمعادلة: $f_2(y)=0$ وله الشكل $a_210^{-1}+a_310^{-2}$ وهذا ما يبرر التمديد بنسبة $\beta_2=10$ لإيجاد a_2 .

يجد الطوسي، هنا، $a_2=2$. وإذ لم يبين لرشدى راشد صراحة الطريقة لتحديد a_2، فالمحتوى ملتبس. فالطوسى يقرن تحديد هذا الرقم ببعض العمليات ، ويتابع الإجراء نفسه حتى نهاية "بحثه". ويتعلق البحث بطريقة معروفة.

لاحظ رشدى راشد، أولاً، لتحديد الرقم الثانى للجذر، كما الأرقام التالية، أن الطوسى لم يبحث عن العدد الصحيح الأكبر الذى مكعبة مضمون فى N_3 . فالطوسى يدرك تماما أن هذه الطريقة ليست صالحة، لأن yص فى هذه الحالة هى التى تحدد مرتبة الجذر العشرية. فإن تحديد الرقم الثانى مرتبط بحساب N_3 وحساب:

$(3xi^2+2x0,12xi+0,0102)10^2.$

يميز الطوسي، هنا ، كما فى حساب المعاملات بواسطة مثلث هورنر، كلا من N_2 ومعامل y ثم N_3 ومعامل yص. وفى هذه المرحلة من الحساب بالذات يعطى قيمة a_2 مما يدل على أن الطوسى يحدد قيمة تقريبية لـــ a_2 فى الشكل :

$$\frac{N_3}{10^2 g'_1 (x'_1)}$$

وهذا يكافئ :

$$a_2 10^{-1} \approx \frac{N_2}{g'_1 (x'_1)}$$

و يعادل أيضًا أن نهمل فى $g_3(y')$ الحدود ذات المرتبة الأعلى من واحد . تؤكد الطريقة المتبعة، لتحديد الرقم الثالث للجذر، تفسير رشدى راشد.ومع أن الطوسي، يستعمل فى بحثه، طريقة "الاشتقاق" فى البحث عن النهايات العظمى، فـ"المشتق" ليس يلعب سوى دور عبارة جبرية تقابل معامل y' وبالتالى تقابل بالضرورة لأكبر معامل فى المعادلة المحوّلة. إذا كان لـ "المشتق" أن يؤسس هنا للحصول على قيمة تقريبية للرقم الثانى، فذلك بسبب خصائصه الجبرية، وليس بفضل مدلوله التحليلي. هذه طريقة لإجراء الاشتقاق على العبارات الصورية. ويكشف رشدى راشد عن الحالة نفسها مع "القاسم" الشهير فى الطريقة المسماة باسم طريقة فيات هورنر على :

(٥) يتم إنقاص جذور $f_3(y')$ بقيمة $x_2=x_2'=2$ ونحصل بواسطة خوارزمية حيث :

$f_4(z)=f_3(z+x)=g_4(z)-N=0$

$N_4=N_3-g_3(x\dot{2})$ و $z=y'-x\dot{2}$

∴ : $f_4(z)=z^3+97,2z^2+3149,82z-315,955=0$

(٦) نمدّد f_4 بنسبة $\beta_3=10$

(٧) ونعاود الكرة للرقم الثالث من الجذر ، الذى نجد أنه يعادل واحدًا. فى الحالة حيث :

$$k_1 < [\overset{k_2}{2}] \text{ و } p_0 < [\overset{k_2}{2}]$$

$$x^3+6x^2+3000000x = 996694407$$

أو فى الحالة حيث : $[\overset{k_2}{2}] < k_1$ و $p_0 < k_1$

مثل : $x^3+30000x^2+20x=3124315791$

يقسم الطوسى على التوالى بمعامل x وبمعامل $x2$ وهذا يفسر البحث عن المكعب الأكبر فى N .

سجل رشدى راشد بعد ذلك أن الطوسى يفسر عمليات التمديد والتقليص والقسمة فى العبارات التى استعملها فيات فيما بعد للنموذج نفسه من العملية. إن المقصود الأساس هى المقارنة بين المراتب العشرية

المختلفة التى تشكل $g(x)$ حسب الحالات المختلفة من جهة ، والشرائح المختلفة لـ N من جهة أخري. والتماثل واضح فى المفردات المستعملة وعمليات الطوسى وفيات .

لاحظ رشدى راشد كذلك أن الطوسى لم يقصد تحديد أرقام الجذر وحسب إنما قصد كذلك وسائل مراقبة الرقم المدروس. لذلك قارن الطوسى فى كل مرحلة من العملية المرتبة العشرية للجذر المطلوب والمراتب العشرية لمعاملات المعادلة.

إذا كانت مدرسة الكرجى قد عرفت طريقة روفينى – هورنر فى الحالة الخاصة التى درسها رشدى راشد، فقد عُممت هذه الطريقة فى بداية القرن الثالث عشر الميلادي، أي، قبل الكاشى بقرنين بواسطة رياضى يعرفها بطريقة غير مباشرة. ولاحظ رشدى راشد كذلك أنه مع أن شرف الدين الطوسى لم يدرس سوى المعادلات من الدرجة الثالثة – موضوع بحث شرف الدين الطوسى – فتطبيق طريقته فى حال معادلات متعددات الحدود من أية درجة كانت لا يقتضى أى مفهوم يجهله شرف الدين الطوسي. ينبغى عدم المغالاة فى اللغة الوظيفية التى استخدمها رشدى راشد فى عرض طريقة الطوسى وتلك المستخدمة فى عرض طريقتى السموأل والكاشي. فمفهوم الدالة كدالة لا يتدخل ، إذ لدى رشدى راشد موجز تصورى بسيط يجنبه الاحتفاظ بالعبارات الجبرية. إن $f(x)$ فى كتابة رشدى راشد لا تمثل سوى متعدد حدود.

ب- تقريب الجذر الأصم لعدد صحيح.

إن الصيغة العامة المنسوبة للكاشى يردها بول لوكى إلى أصل صينى من القرن الثالث عشر الميلادي. هذا النسب إلى أصل صينى من القرن الثالث عشر الميلادى كان قد اهتز باكتشاف الصيغة نفسها عند رياضى سابق للكاشى بقرن ونصف القرن تقريبًا هو نصير الدين الطوسي. وبين رشدى راشد أن القاعدة وصياغتها، تعودان، تاريخيا، إلى مدرسة الكرجى ، أى إلى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادي.

بعد أن عرض السموأل طريقة روفينى – هورنر ، يخصص فصلاً كاملاً لمسائل تقريب الجذر الميمى الموجب لعدد صحيح أو لجزئه الكسري. وأمكن رشدى راشد أن يؤكد أن السموأل يذكر هنا قاعدة عامة تؤسس للتقريب بواسطة الكسور للجزء غير الصحيح من الجذر الأصم لعدد صحيح . وأعاد رشدى راشد رسم المسيرة التى يقترحها السموأل لهذه القاعدة. المقصود إذن حل المعادلة العددية $x^n=N$ حيث . وبحث أولاً عن أكبر عدد صحيح x_0 بحيث أن $x_0^n \leqq N$ ، وهنا تظهر حالتان :

(١) $x_0 \Leftrightarrow x_0^n = N$ هو بالضبط الجذر المطلوب وقد رأينا أن السموأل يمتلك طريقة أكيدة للحصول على هذه النتيجة عندما يكون الحل ممكنًا .

(٢) $N < x_0^n \Leftrightarrow N\frac{1}{n}$ هو أصم . وفى هذه الحالة يبين كتقريب أول :

$$(1)\ x' = x_0 + \frac{N - x_0^n}{[\sum_{k=1}^{n-1} \binom{n}{k} x_0^{n-k}] + 1}$$

أى :

$$(2)\ x' = x_0 + \frac{N - x_0^n}{(x_0 + 1)^n - x_0^n}$$

وفى حالة الجذر التكعيبى نحصل على " التقريب الاتفاقى"، حسب ما عبر الرياضيون العرب.

وبين السموأل بعد ذلك بأمثلة، الجذور المربّعة ، الجذور المكعبة ، الجذور من مراتب أكبر، تطبيق هذه القاعدة. فيحل، تمثيلا لا حصرا، $x^5=250$.وهذا التقريب الأدنى، حسب تقدير رشدى راشد، هو من الطبيعة نفسها للتقريب الذى يعرضه الرياضيون العرب السابقون للسموأل لكن هذا التقريب الأدنى أعم من التقريب الذى يعرض الرياضيون العرب السابقون للسموأل. إذ إن الحسابين السابقين لمدرسة الكرجى (كالنسوى ، تمثيلاً لا حصرًا) يحصرون تطبيق هذه القاعدة للقوى ٣ ، أما عند السموأل فالقاعدة تطول أية قوة .

وهكذا نحصل على الصيغة *(2)* وبالتالى نحصل على الصيغة*(1)* .

ففى الحالة الأولى : نفترض أن : $x_0 < N\frac{1}{n} < x_0 + 1$

وأن $N_n^1 = x_0 + r;$ فيكون لدينا : $N = (x_0 + r)^n \Leftrightarrow N = \sum_{k=0}^{n} \binom{n}{k} x_0^{n-k_{r^k}}$

$\therefore$: $r = \dfrac{N - x_0^n}{n x_0^{n-1} + \binom{n}{2} x_0^{n-2_r} + \cdots + r^{n-1}}$

$\therefore$ r تكافئ الجزء الكسرى من *(2)* وبالتالى من *(1)* ، أما فى الحالة الثانيةى فإذا افترضنا:

$Y = \frac{1}{xn}$ $\qquad X_1=(x_0)_n \qquad Y_1=x_0$

وكذلك : $x_2=(x_0+1)^n$ و $y_2=x_0+1$

∵ $\chi = N = \chi_0^n + r$ وطبقنا صيغة الاستكمال الخطى المستعمل بصورة شفهية عند رياضى تلك الحقبة :

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \cong \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \to yy_1 + \frac{(y_2 - y_1)(x - x_1)}{x_2 - x_1}$$

$$\therefore\ yx^0 + \frac{N - x_0^n}{(x_0 + 1)^n - x_0^n}$$

الرياضى فى الحالين إلى طرق – صيغة ذات الحدين ، جداول المعاملات ، قاعدة حساب الخطأين – الكرجي. فإن طرق الاستكمال الخطى كان قد طبقها فلكيو القرن الحادى عشر الميلادي، أو نحو ذلك القرن. فلا هذه الوسائل الرياضية ولا قراءة السموأل نفسه، تؤسس لانتساب قاعدة التقريب السابقة إلى البيروني. لذا ينسب رشدى راشد طريقة روفينى – هورنر والتقريب إلى مدرسة الكرجي.

ج- طرق تحسين التقريب

سعى السموأل إلى بناء متتالية من الأعداد النسبية تتقارب مع عدد جبرى حقيقى معطى. ولأن الوسيلة التى يبحث عنها يفترض بها أن تؤسس جميع التقريبات من خلال الإعادة ، فهو يعتمد طريقة تكرارية. لكن السموأل وأغلب رياضيى القرن الثانى عشر الميلادي، اجتنبوا مسائل الوجود النظرية. وأراد السموأل أن يستخلص نتائج ممكنة. ونظر رشدى راشد إلى ما كتبه السموأل. ولا حظ رشدى راشد أن السموأل لا يقصر استعمال هذه الطريقة على الحالات الخاصة $n = 2$ و $n = 3$ لكنه يعرضها فى الحالة العامة. ينبغى إذن قسمة الفرق على ضعف القوة $(n - 1)$ للجزء الصحيح من الجذر ثم نضيف إلى الفرق مجموع القوى الأدنى حتى $[0-(n-1)]$ ، هذا ما كتبه السموأل، حسب تفسير رشدى راشد. إذ يبحث السموأل عن الجذر الميمي، المقرب للعدد الصحيح x.

ليكن a العدد الصحيح بحيث : $x_n^1 - 1 < a \leqq x_n^1$

و x_0 عدد نسبى بحيث : $x_0^{\frac{1}{n}} \leqq x_n^1$ و $a \leqq x_0^{\frac{1}{n}}$

∵ : $x=(a+x)^n$ حيث $\alpha \geqq 0$

∵ : $x_0=(a+\beta)^n$ و $0 \leqq \beta \leqq \alpha$

نحصل على التقريب الأول بواسطة الصيغة :

$$f(u)u\frac{1}{n} \text{ حيث } f(x) \cong f(x_0) + \frac{x - x_0}{2_a^{n-1} + \sum_{p=1}^{n-2} a^p}$$

ومن طريق التكرار يكتب التقريب من رتبة $k+1$ حيث $(k=1.2...)$:

$$f(x) \cong f(x_k) + \frac{x - x_0}{2_a^{n-1} + \sum_{p=1}^{n-2} a^p}$$

و ضرب السموأل مثلين رقميين ، لكن رشدى راشد اكتفى بعرض أسهل مثلين:

$$n = 2.x = 5.x_0 = \frac{121}{25}, a = 2$$

يكون التقريب الأول :

$$\sqrt{x} \cong \sqrt{x_0} + \frac{x - x_0}{2a} \to \sqrt{5} \cong \frac{11}{5} + \frac{1}{2}$$

و يكون التقريب الثانى :

$$\sqrt{x} \cong \sqrt{x_1} + \frac{(x - x_1}{2a}$$

حيث : $x_1 = [f(x_0) + \frac{(x - x_0)}{2a}]^2 = [\frac{11}{5} + \frac{1}{2}]^2$

و بالطريقة نفسها، يحصل على التقريب الثالث ، لاحظ رشدى راشد بالنسبة إلى $n=2$ أن العبارة :

$$f(x) \cong f(x_k) + \frac{(x - x_k)}{2_a^{n-1} + \sum_{p=1}^{n-2} a^p}$$

تقارب العبارة : $f(x) \cong f(x_k) + \frac{(x - x_k)(fx_k) - f(x_k - 1)}{x_k - x_{k-1}}$

وهذه العبارة ما هى سوى قاعدة حساب الخطأين وفى حالة $n>2$ استعيض عن العبارة $\frac{(fx_k) - f(x_k - 1)}{x_k - x_{k-1}}$ بالعبارة المكافئة: $1/(na^{n-1}+R(a))$ أى أ،ها صححت بــ"كمية" قيمتها المطلقة أكبر. أى " بالكمية": $\frac{1}{2a^{n-1} + \sum_{p=1}^{n-2} a^p}$

ويرى رشدى راشد أن الرياضيين قد استنتجوا هذه الطريقة من " قاعدة حساب الخطأين". فالسموأل طبق هذه القاعدة كغيرة من الرياضيين من مدرسة الكرجى. وكان اختيار " الكمية" الأخيرة قد قام على تعميم لهذه

الطريقة. وقارناها بالطريقة التقليدية : $[f(x)f(x_k)+(x-x_k)/2f(x_k)]$ ومع أنها أبطأ فى حالة الجذر التربيعى، اتضح له أنها سيئة فى حالة الجذر الميمى . تظهر هذه الطريقة التكرارية، هنا، للمرة الأولى. ويقترح "بحث" السموأل طرقًا أخرى، لتحسين التقريب المعروف فى الحالة الخاصة للجذر التربيعى والجذر التكعيبى عند الحسابيين لمدرسة الكرجى كالأقليدسى ، تمثيلا لا حصرا، وأبى منصور البغدادى وغيرهما من الحسابيين. إن صياغتهم العامة المنسوبة إلى الكاشى تعود إلى القرن الثانى عشر الميلادي.

ثالثا : ابتكار الكسور العشرية

لا بد من التفريق، فى مستهل الكلام على الكسور العشرية والكشف عنها، بين الكسور العادية، وبين العرض النظرى والمفصل للتمثيل العشرى للكسر. وفى هذه الحالة الأخيرة وحدها –العرض النظرى والتفصيلى للتمثيل العشرى للكسر– أمكن رشدى راشد أن يحدد معنى الكتابة الرمزية لدى الرياضيين والتأكيد بأنه قد اختار هذه الكسور لنفسها اختيارا مقصوداً. وبسبب عدم مراعاة هذه القاعدة الأولية، فإن بعض المؤرخين –جورج سارتون وأحمد سليم سعيدان، تمثيلا لا حصرا– لمسألة رشدى راشد هذه قد اتجه وجهات عشوائية للكشف عن ابتكار الكسور العشرية. مع أن رشدى راشد قد حدد تاريخ الكشف ووجوده.

وحين انطلق رشدى راشد من الرياضيات العربية فى القرن العاشر الميلادى حتى القرن الثانى عشر الميلادي، وعندما اقتصر على عمل السموأل، باستثناء بحثه (١١٧٢) ، فهو كشف فى الحالتين – الرياضيات العربية فى القرن العاشر الميلادى وحتى القرن الثانى عشر الميلادي، وعمل السموأل باستثناء بحثه (١١٧٢)– عن تطبيق للكسور العشرية لا يفترض الكسور العشرية ككسور. كشف رشدى راشد النقاب فى مختلف الأبحاث الحسابية العربية منذ نحو القرن العاشر الميلادي، عن قاعدة لتقريب الجذر الأصم المربع والمكعب. وكانت هذه القاعدة تسمى فى تلك الحقبة باسم "قاعدة الأصفار". إن الصياغة العامة لهذه القاعدة وردت فى بحث السموأل كما أوردها رشدى راشد على النحو التالي: $(a)_n^1 = \frac{(a.10^{nk})_n^1}{10^k}\ \ k-1,2,\cdots$

شمل التقريب حسب هذه القاعدة بالضرورة الكسر العشري. ومن هنا أراد مؤرخ مثل جورج سارتون أن يُدخل إلى تاريخ الكسور العشرية الرياضيين الذين طبقوا هذه القاعدة ولم يقعدوها. فليس هناك ما يؤكد أن الرياضى فى أثناء إجرائه لهذه الطريقة امتلك التمثيل العشرى للكسر ، وقد حوّلها أحيانا إلى كسر ستيني. فالأقليدسي، تمثيلا لا حصراً، قد أورد فى بحثه الحسابى فى عام ٩٢٥ "قاعدة الأصفار" فى حالات الجذر التربيعى للعدد ٢ ، لتحويل الحاصل مباشرة إلى كسر ستيني. وكشف رشدى راشد عن استخراج الجذر التربيعى للعدد ٥ فى بحث حسابى آخر، كتبه البغدادى (المتوفى عام ١٠٣٧) تحت عنوان "التكملة فى

الحساب". فالطريقة نفسها يتبعها رياضى من القرن الحادى عشر الميلادي، هو النسوى فى كتابه المسمى باسم "المقنع". ومع أن الرياضى يلجأ إلى الكسور العشرية فى مجال خاص، فإنه يحولها إلى كسور ستينية ولا يهتم تماما بتحديد الكسور العشرية.و ذكر السموأل بقاعدة الأصفار ويطبقها على استخراج الجذر التربيعى للعدد ١٠٢٠ ، فيحصل أولاً على ٣١ زائد تسعمائة وسبعة وثلاثين جزءًا من الألف، تختزلها [...] ويكون الجواب ٣١ زائد نصف ، زائد خمسين ، زائد خمس من عشر ، زائد خمس من عشر من عشر ، وهذا هو الجذر التربيعى للعدد ١٠٢٠ حيث لا يذكر الفرق.

إن أحدا لم يدرك التمثيل العشرى للكسور إدراكا فعليا. ولم يكشف المؤرخ عن النظرية إنما عن التطبيق.

٣-١- مدرسة الكَرَجى : السموأل

فى البحث (١١٧٢) تحديدًا ، أمكن رشدى راشد أن يلاحظ تطبيقًا للكسور العشرية. لكن العرض النظرى للسموأل ، لا يظهر إلا فى نهاية الكتاب (١١٧٢)، فهو يعرض لطرق ومسائل التقريب التى سبق أن وصفها رشدى راشد من قبل. فإن مسائل التقريب تشكل، كما لاحظ رشدى راشد، التوسيع المباشر للمسائل السابقة على مسائل التقريب. اقترح السموأل تحسين طرق التقريب. هذا هو إذن سياق الكسور العشرية فى كتاب "١١٧٢". كان هدف السموأل هو "وضع أصل واحد تحدد به جميع أعمال التفريق التى هى القسمة والتجذير والتضليع، لجميع هذه المراتب وتصحيح الكسور الواقعة فى هذه الأعمال بغير نهاية".

قصد السموأل بعبارة "تصحيح الكسور بغير نهاية"، حسب تفسير رشدى راشد، منح الكسور بغير نهاية شكلاً يمكنها من أن تصبح قابلة للحساب كالأعداد الصحيحة وأن يكون تصحيح التقريبات بشكل لا نهائى للعمليات كافة تصحيحا ممكنا.

يمثل هذا العنوان وحده -"فى وضع أصل واحد تحدد به جميع أعمال التفريق التى هى القسمة والتحذير والتضليع لجميع هذه المراتب وتصحيح الكسور الواقعة فى هذه الأعمال بغير نهاية" .- مشروعا كاملاً. فنظرية الكسور العشريةّ هى حل تقنى لمسألة التقريب على المستويين النظرى والعملي. من هنا أمكن رشدى راشد أن يسجل :

(١) بدأ السموأل بإثبات النسبة : $1:10=10:100=100:1000$ وهكذا دواليك إلى ما لانهاية؛

(٢) ضع السموأل إشارة الصفر تحت مرتبة الآحاد.

(٣) تكمن فكرته إذن فى تحديد مفهوم قوة كمية ما إلى مقلوبها . وبدقة أكثر، مفترضًا أن $100=1$، وأن: $1:\frac{1}{1}=\frac{1}{1}=\frac{1}{10}$ وعلى هذا القياس إلى ما لا نهاية .

(٤) الحساب هنا هو نفسه بالنسبة إلى الكميات الجبرية عامة والأمثلة التى يعطيها فيما بعد تعزز بشكل كاف هذه الإشارة. ونلخص ذلك بالقول إن المقصود بالحقيقة ومنذ أن افترض أن $10^{\circ}=1$ وأن تطبق القواعد العامة الناتجة عن الحساب الجبرى للقوى. ومن الآن فصاعدًا فكل عدد حقيقى له تمثيل عشرى محدود أو غير محدود .

عمم السموأل إذن مشروعه. وصاغ مبدأ وحيدًا لتصحيح التقريبات بشكل غير منته. وهنا أمكن رشدى راشد تفسير هذه النظرية من خلال توسيع مفهوم قوة جبرية لكمية ما إلى مقلوبها. لقد بيّن رشدى راشد من قبل أن توسيع هذا المفهوم للقوة الجبرية هو من عمل مدرسة الكرجي. وقد توسل رياضيو مدرسة الكرجى بهذه الوسيلة لتطبيق عمليات الحساب الأولى على متعددات الحدود وتحقيق مشروع الكرجي. لكن مشكلة هذا التوســيــع الجوهريـــة والتـــى تمكّن السموأل تحديدًا من حلها، كانت فى صياغة القوة المعدومة : $x^0=1$ حيث x^0. وباجتياز هذه العقبة كان بالإمكان تحديد قاعدة تكافئ :

$$x, x^2, \cdots \text{ و } \frac{1}{x}, \frac{1}{x}, \cdots \text{ وحسابه لـــ } \frac{1}{x} x^n \text{ حيث } n, n \in z$$

يعتمد على عد n مرتبة باتجاه الوحدة إنطلاقًا نم المرتبة n ، وكذلك حسابه لـــ$x^n.x^n$ وبعده كذلك لـــn' مرتبة ولكن باتجاه معاكس للوحدة. هذه القاعدة تعنى فعليًا معالجة القوى من نوع $1/x^{n'}$ مثل $x^{-n'}$وجمع القوى جبريًا.

وبفضل ترميز الجداول وضع السموأل من جهتى x^0 المتتاليتين :

$$x^m x^n = x^{m+n} \text{ حيث } m,n \in ZL$$

إن هذا التصور، حسب تفسير رشدى راشد، هو شرط إمكان تطبيق العمليات الحسابية الأولية على العبارات الجبرية من نمط :

$$f(x)=\sum_{k=-m}^{n} a_k . x^k \text{ حيث } m,n \in \mathbb{Z}:$$

إن هذا التصور كان شرط إمكان تطبيق العمليات الحسابية الأولية على العبارات الجبرية من نمط متعددات الحدود، بخاصة. أسست هذه النتائج، بدورها ، لإعداد نظرية الكسور العشرية. فى أفق الكرجى وتمديدات السموأل ، كان يكفى السموأل أن يستبدل x بـــ 10. وهذا ما استبدله السموأل للتوصل إلى جدول الكسور العشرية ، واعتماد الكتابة المستعملة فى حالة متعددات الحدود بالمعنى العريض ، وللحصول على تمثيل عشرى لأى عدد جبرى ، واستطاع أن يطبق على هذه التمثيلات، العمليات المعدة سابقًا لمتعددات الحدود بالمعنى العريض للحصول مرة واحدة على قواعد حساب الكسور. من هنا كان ابتكار هذا الجبر ضروريًا للتعبير العام عن الكسور العشرية. بعد أن توصل السموأل إلى هذه المرحلة من عرضه للكسور العشرية، واجه مسألة الكتابة الرمزية لهذه الكسور ودرسها، بالتالي، بطريقة غير مباشرة ، وقد توافق حل هذه المسألة كما أشار رشدى راشد من قبل، مع ابتكار الكسور العشرية. لكن هذا التدوين ، رمزيًا كان أم لفظياً، كان يقضى بالاستجابة لتحديين:

١- إمكان التمثيل العشرى المحدود أو الغير المحدود لأى عدد حقيقى معروف ؛

٢- يتعلق دمج مجموعة الكسور العشرية بتطبيق مختلف عن التطبيق الحرفي.

كان شرط إمكان التدوين هو الاختبار فى الكسور العشرية تبعا لنظام التدوين الجبري. ولم يدّع رشدى راشد دراسة التدوين الجبرى فى عصر السموأل ، إنما ذكر بأن أداة التعبير عن الجبر كانت الكلام بصورة أساسية. لكن حلت "طريقة الجداول" محل غياب التدوين الرمزى جزئيًا. ومبدأ ذلك بسيط ، إذ تدون كلاميًا فى سطر أول ، القوى المختلفة x^n ، حيث $n \in Z$، وتكتب المعاملات على سطر ثانٍ تحت الأول فى كل عملية ، وتقعد مجموعة قواعد لإضافة سطور إضافية وإزاحتها. وإذا كان هذا "الترميز" للجداول مرهقا، إلى الآن، فقد كان شرط تنفيذ جميع العمليات الجبرية على متعددات الحدود بالمعنى العريض للكلمة. وعاد اتصال هذه الطريقة فى التدوين، عند رياضيين لاحقين ، أمثال فيات وواليس، إلى فعاليتها النسبية.

فالسموأل يضرب أمثلة تؤكد تحليل رشدى راشد. فهو يطبق على الكسور العشرية العمليات نفسها التى يجريها على الأعداد الصحيحة المكتوبة بشكل عشرى من دون تأسيس.

ونتج عن ذلك كمثل أول قسمة العدد 210 على 13 ، إذ يشير السموأل أولاً إلى امكان الإتصال فى هذه القسمة إلى غير نهاية. ويستعيد رشدى راشد عباراته نفسها، إذا أردنا متابعة العملية "مهما شئنا من المراتب." وهذا التدوين الذى أورده رشدى راشد كما لاحظ إلى المبدأ التالى : عزل الجزء الصحيح وتمثيل الجزء الكسرى وفقًا للتقنية التى يستعملها السموأل فى جبره لتمثيل متعددات الحدود. لكن إذا كان هذا التدوين يؤسس

للحساب بالجداول فإن التلفظ به صعب ، وبالتالى فإن إمكاناته العملية محدودة. وعدل السموأل التدوين بالاتجاه الذى أشار إليه رشدى راشد. هذه التعديلات تؤكد على تتابع المراتب لا على التعابير، أى تؤكد على أجزاء العشرة ، أجزاء المائة ، أجزاء الألف... الخ. هذا التحسين يظهر فى مثله الثانى ، أى فى استخراج الجذر التربيعى للعدد *10*.

فقد أراد السموأل، حسب تفسير رشدى راشد، أن يظهر تتابع المراتب ورتبة كل واحدة منها وذلك بتكرار التعبير نفسه مرات عدة ويمكن الاستعاضة عن الكتابة المثقلة : "أجزاء العشرة ، أجزاء المائة، أجزاء الألف... الخ" بالتدوين بطريقة مكافئة :

$$\begin{array}{cccccccc} 10 & 10^{\circ} & \frac{1}{1} & (\frac{1}{1})^{2} & (\frac{1}{1})^{3} & (\frac{1}{1})^{4} & (\frac{1}{1})^{5} & (\frac{1}{1})^{6} \\ & 3 & 1 & 6 & 2 & 2 & 7 & 7 \end{array}$$

هكذا توجد المرتبة n مدموغة بالتكرار n مرة للتعبير : "عُشر" . مع ذلك فقد ظلت المسألة قائمة عند التلفظ بمثل هذا العدد. ولكى يحل السموأل هذه المسألة استوحى من كتابة للكسور العادية كانت مستعملة فى ذلك الوقت ، فحمل الجزء الكسرى للمقام نفسه وهكذا توصل إلى التدوين النهائى التالى :

$$\begin{array}{ccccccc} & & & & & & 3 \\ & 1 & 6 & 2 & 2 & 7 & 7 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

و الذى يُقرأ : *3* وحدات زائد *16227* من *1000 000* . ويفضل هذا التدوين، حسب ما يفسر رشدى راشد، ومع مراعاة مبدأ التفريق بين الجزء الصحيح والجزء الكسري، يصل الرياضى إلى عدد يقبل التلفظ به.

إن الهدف من نظرية الكسور العشرية، تبعا للسموأل، كان ، إذن، تطبيق القسمة ، استخراج الجذر الميمى للكسور، بالطريقة نفسها التى تجرى على الأعداد الصحيحة ، وبالتالى تيسير الصحيح الغير المحدود للتقريب. إذن نهضت نظرية الكسور العشرية لدى السموأل فى سياق مسألة استخراج الجذر الميمى لعدد ما ، عدا مسائل التقريب. ثم عاد رشدى راشد إلى أسلاف مدرسة الكرجى كى يبين أن أول عرض لهذه النظرية كان عند رياضيى مدرسة الكَرَجي.

٣-٢- ظاهرة الاقليدسى (٢٥٩)

اعتقد المؤرخون المحدثون أن بإمكانهم تحديد مكانة خاصة للإقليدسى فى تاريخ الكسور العشرية. ألم ينسبوا إليه اكتشاف هذه الكسور كما نسب أحمد سليم سعيدان ؟ أ لم يؤكدوا أنه استعملها "كونها كسورًا" وبأنه "قدّر أهمية التدوين العشري"؟ قدّر بعض المؤرخين أنهم قرعوا فى بحث الإقليدسى شرح الكسور العشرية وتطبيقها. ووضع الإقليدسى فى غير مرة فى "بحثه" مسائل خاصة يحلّها بالكسور العشرية. ولقد عرضنا من قبل لقاعدة الأصفار التى أسست لحل استخراج الجذر التربيعى والتكعيبي. كانت المسألتان الأخريان هما :

١– تكرار زيادة – أو إنقاص – عدد معطى بمقدار عُشره – قدر ما نشاء من المرّات .

٢– قسمة عدد مفرد عدة مرات إلى نصفيه وكذلك إجراء العملية العكسية.

ليس هناك ما يدل فى بحث الإقليدسى على الكسور العشرية. وهو لا يقدم، حسب رشدى راشد، عرضا عاما يضاهى عرض السموأل. درس الاقليدسى مسألة زيادة عدد بمقدار عُشره خمس مرات. من هنا ظهر الوهم عن ظهور ما للكسور العشرية فى الإقليديسي. لكن رشدى راشد أشار إلى ضرورة التفريق بين القسمة العادية بهذه أو تلك من القوى [العدد الصحيح الموجب للعدد 10] وبين الكسور العشرية ، ومعرفة توسيع مفهوم المنزلة وبالتالى المعنى الدقيق للإشارة المستعملة. لم يصُغ الإقليدسى فكرة إتمام متتالية قوى العشرة بمتتالية قوى مقلوبها ، بعد أن حدّد القوة المعدومة. أعاد الإقليدسى العدد نفسه واختزله إلى منزلة واحدة. وحمل الكسر إلى منزلة الآحاد. ودل على هذه المنزلة بإشارة. وتعلقت إعادة العدد نفسه –مخفضًا إياه منزلة واحدة– بعملية إنقاص المنزلة. ولم يبتكر الإقليدسي، إذن، الكسور العشرية. لقد كان يعوزه جبر متعددات الحدود. كانت مساهمة الإقليدسى إذن إرهاصاً لتاريخ الكسور العشرية بينما كان بحث السموأل المغربى قد شكّل الفصل الأول من تاريخ الكسور العشرية.

٣-٣- الكاشي[١٨] (١٣٤١-١٤٣٧)

تتبع رشدى راشد سياق عرض السموأل خلال القرنين ونصف القرن –الفترة التى تفصل السموأل والكاشي– كى يدرس التغيرات التى طرأت على الكسور العشرية. توقف عند الكاشى بوصفه واحدا من أتباع السموأل المعروفين الذى استعاد عرض الكسور العشرية واستعمالها. بينما كشف المؤرخ فى البحث (١١٧٢) للسموأل عن ورود "الكسور العشرية"، فهو كشف عنها تحت اسم "الكسور العشرية" فى كتاب "مفتاح الحساب" للكاشي. درس رشدى راشد، إذن، كتاب "مفتاح الحساب" للكاشي. استخدم الكاشى الكسور العشرية ، وقصد بذلك "البحث فى محيط الدائرة". وفى بحثه عن محيط الدائرة – الرسالة المحيطية – استخدم الكاشى الكسور العشرية لتقريب العدد π. وتوصل الكاشى فى بحثه إلى تقريب دقيق للعدد π بإجرائه الحساب بحساب محيط متعدد الأضلاع المحاط والمحيط بالدائرة. لكنه قدم أولاً تقريبًا للعدد π 2 حسب الترقيم الستيني. وأراد الكاشى تحويل التمثيل السابق إلى كتابة عشرية، ولما كان المحيط ستة أمثال نصف القطر وكسر بلغه إلى التاسعة فأخذ ذلك الكسر من مخرج هو عشرة آلاف مكررة خمس مرات $[10x1000^5=10^6]$ لأن جزءًا واحدًا منه لا يزيد على تاسعة واحدة بنصف عاشرة. إن هذه العبارة الأخيرة – لأن جزءًا واحدًا منه لا يزيد على تاسعة واحدة بنصف عاشرة– هى التى توفق بين عدد الأرقام فى النظامين : الستينى والعشري. وهكذا قدم الكاشى :

$6;16,59,28,1,34,51,46,14,50.$

هذه هى الحالة العامة المتبقية من المقطع المخصص للكسور العشرية فى "بحث محيط الدائرة" . وتفسيره، حسب رشدى راشد، هو التالى :

$$2\pi = 6,283\ 185\ 307\ 179\ 586\ 5.$$

إن الاثنين اللذين فى آخر مراتب الكسور، عند الكاشي، هما بمنزلة الدقائق للستة الصحاح على أن عشر دقائق يكون واحدًا صحيحًا ، وسمى الكاشى هذه المرتبة بالأعشار والثمانية التى عن يمينها بمنزلة التوانى وسماها بثانى الأعشار والثالثة بعدها بمنزلة التوالت وسماها بثالث الأعشار وعلى هذا بقياس حساب النجوم ، ولهذا أخذ الكاشى من مخرج مفرد واحد. وهذا المنهج فى الحساب الهندى مما استبطنه الكاشى ووصفه فى الجدول. وقد أورد الكاشى هذه الأرقام ماراً من اليسار إلى اليمين. ولم يقصد الكاشى الكسور العشرية بل قصد الكاشى التمثيل العشرى لــ 2π على وجه الدقة. طبق الكاشى، إذن، ما كان معروفاً من قبل. لكن نص الاقليدس الثانى يعرض لفكرتين كانتا غائبتين عن البحث (١١٧٢) للسموأل، وبالتالى ينطويان على أهمية كبرى فى تاريخ عرض الكسور العشرية:

(١) التماثل بين نظامى الكسور : النظام الستينى والنظام العشرى ؛

(٢) استعمال الكسور العشرية لا فى تقريب الأعداد الجبرية الحقيقية وحسب، بل فى الأعداد الحقيقية كذلك، مثل العدد : π .

ولم يقتصر كتاب "مفتاح الحساب" للكاشى على شرح استعمال الكسور العشرية الذى بحثه فى إطار محيط الدائرة بل تعداه إلى استعادة العرض بشكل عام. وقدم الكاشى نسبة المحيط إلى القطر فى رسالته المسماة باسم "الرسالة المحيطية"، وبلغ الكاشى الكسور إلى التاسعة، أراد أن يحولها إلى الأرقام الهندية لئلا يعجز المحاسب الذى لم يعرف حساب المنجمين. فالمقصود، إذن، هو تقديم نظام كسور أسهل لحل عمليات النظام الستيني. من هنا ماثل الكاشى بين النظامين –النظام الستينى والنظام العشري– على مستوى العمليات وعلى مستوى التصورات. وتأكد التماثل منذ السموأل. تقتصر الكتابة نفسها للنظامين الستينى والعشرى على أساسين لكتابة صالحة لأى أساس. استعمل المنجمون، حسب ما عبر الكاشي، كسورًا معطوفة على أن مخارجها المتوالية هى ستون ، ومضلعاتها المتوالية إلى حيث شاءوا ، وتركوا ما بعدها [60^{-k} حيث k مطلق عدد ثابت] وسموها على التوالى بالدقائق والثوانى والثوابت والروابع. وأورد الكاشي، على قياس المنجمين، كسورًا كانت مخارجها المتوالية عشرة، ومضلعاتها المتوالية إلى حيث شئنا ، وسماها على التوالى بالأعشار ،

وثانى الأعشار وثالث الأعشار ورابعها وهلم جرا. ففى النظام الستينى نرفع المراتب بمقدار الستين ومرتبة الدرجات هى المتوسطة بين متتاليتين واحدة "متزايدة" وأخرى "متناقضة". والتمثيل مشابه فى النظام العشرى شرط استبدال بالعشرة والدرجات بالآحاد. وكان الكاشى قد عرض الفكرة نفسها لأى أساس a. إن المماثلة عند السموأل غير صريحة، بينما صاغها الكاشى بوضوح. فإن مستوى فهم الكسور العشرية، فى حالة السموأل كما فى حالة الكاشى ، هو نفسه. إن ما تؤكده المماثلة فى الكسور العشرية هو وجود يتخطى حدود مجال تقريب الأعداد الحقيقية الجبرية. وأجرى الكاشى فى كتابه "مفتاح الحساب" حسابات مشابهة على قياس المساحات : المضلعات والدوائر ومقاطع الدائرة ... الخ . وكان يلجأ إلى تدوين مشابه لتدوين السموأل. إذن لا يمكن اعتبار الكاشى مبتكر الكسور العشرية. مع ذلك ، قطع الكاشى فى عرضه شوطًا يفصله عن السموأل، وشكّل بعدًا مهمًا فى تاريخ الكسور العشرية. فإن تقليد الكرجى استطاع المحافظة على بقائه فى عمل الكاشي. وأجرى تقى الدين بن معروف (المتوفى عام ١٥٨٥ – ١٥٨٦) حساب الجداول العشرية لجيب الزوايا وظلها. حتى القرن السابع عشر الميلادي، ذكر الرياضيون أمثال اليزدى (المتوفى عام ١٦٣٧ تقريبًا) كتاب "مفتاح الحساب" والكسور العشرية كما عرض لها الكاشي. واليزدي، مع إلمامه بهذه الكسور ، لجأ فى حساباته ، كما فى فصوله النظرية عن الكسور ، إلى الكسور العادية والكسور الستينية.

وأثبت المؤرخون منذ عام ١٩٦٣ أن الرياضيين فى الغرب كانوا يعرفون نتائج العلماء العرب فى الكسور العشرية. وأثبت المؤرخون أن الأتراك أجروا الضرب والقسمة على الكسور وفقًا لطريقة خاصة فى الحساب وأدخلوا كسورهم عندما حكموا بيزنطة. وفشل الهنود فى التوصل إلى نظام الكسور العشرية الخاص، وكان الكاشى أول من اعتمد هذا النظام اعتمادا فعليًا فى الحساب. وكانت بداية هذه المعرفة الفارسية التركية فى بيزنطة. أعاد المؤلف البيزنطى إنتاج جزء من المعرفة العربية خلال القرن الخامس عشر الميلادى فى شكل غير تام. ربما كان على معرفة بأعمال أحد أتباع الكاشي. مع ذلك يرد استعمال الخط العمودى الذى يفصل الجزء الكسرى – طريقة الكاشى – فى النصوص الغربية السابقة لعام ١٥٦٢ وهو تاريخ وصول المخطوطة البيزنطية إلى فيينا، وهى الكتابة نفسها التى يلجأ إليها رودولف (*Ch. Rudolf*) وأبيان (*Apian*) وكردان (*Cardan*). ومن جهة أخرى استعمل الرياضى ميزراحى (المولود فى القسينطينية عام ١٤٥٥) الإشارة نفسها قبل رودولف .وظلت الصياغات المختلفة لنظرية الكسور العشرية وصياغات رشدى راشد ، وصياغات فيات وستيفن وغيرها من الصياغات، جميعا بعيدة عن التطبيق الرياضي. وكان إعداد الدوال اللوغاريتمية لدى نابيه (*Napier*)، بخاصة، أساس دخول الكسور العشرية إلى المخطوطات التطبيقية. وخلال القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادي، ظهرت تقارير وطرق ونظريات منظمة ومتماسكة دامت مدة قرنين ونصف القرن. وبرهنّ رشدى راشد أن تقارير الأعداد الحقيقية ، وطريقة روفينى – هورنر وطرق

التقريب وبصورة خاصة، الطريقة التى أشار إليها ويتساين (*D.T. Whitside*) تحت عنوان "الكاشى – نيوتن"، ونظرية الكسور العشرية، كانت جميعها من عمل رياضيى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادي. وظهرت نظرية الكسور العشرية للمؤرخ فى أفق جديد. أدرك المؤرخ، بصورة جديدة، أسباب ابتكارها واتضح له جزئيًا سبب تنحّيها جانبًا وغيابها النسبى حتى توسيع الدالة اللوغاريتمية.وخلال القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى تشكل تقليد رياضى مهم هى مدرسة الكرجى ومشروع حسبنة الجبر ، أو تشكيل الجبر وكأنه "حساب للمجهولات". واستدعى ذلك الشروع فى البحث فى الأخطاء التاريخية:

١- تعديل الوضع الزائف الذى ينسبه التأريخ التقليدى إلى الكاشي. فالكاشى ، من صلب مدرسة الكرجي. ينبغى إذن تصويب صورة الجبر العربى التى رسمها التأريخ التقليدي. لذلك عدل رشدى راشد جوهريًا الرؤية السائدة لبدايات الجبر العربية وانتقالها إلى الرياضيين الغربيين خلال القرون الوسطى وعصر النهضة؛

٢- مهدت أعمال مدرسة الكرجى حول عبارات متعددات الحدود، الطريق للبحث الجديد فى توسيع الحساب الجبرى كى يطبق الحساب الجبرى التطبيقات المثمرة فى مجال غير مجال الجبر ، ولكن بشكل جزئى وحسب، أى فى حدود الحسابيين السابقين لمدرسة الكرجي. كان الحسابيون يستخرجون الجذور التربيعية والتكعيبية ويمتلكون صياغات التقريب للقوى نفسها ، لكن الافتقار إلى حساب جبرى مجرد لم يؤد إلى تعميم طرقهم وخوارزمياتهم. من هنا كانت ضرورة تجديد الجبر فى مدرسة الكرجي. كان ذلك ضرورياً لتعميم الحساب الجبرى وتشكيل فصل من التحليل العددى لطرق حل "القوى البحتة" فضلاً عن طرق تقريب الجذور الموجبة. صحيح أن الجبريين – الحسابيين قد أدخلوا فى ذلك الوقت هذه الطرق من دون تأسيس نظري. من هنا ظهرت ضرورة تقليد الجبريين – الهندسيين مثل شرف الدين الطوسى كى تظهر أولى صياغات المسائل النظرية وبخاصة مسألة الجذور. هذا الاتجاه التطبيقى للجبريين – الحسابيين ظل حتى القرن السابع عشر الميلادي. وكان يشكل جزءًا من مشروعهم فى استخدام نتائج الجبر لاستعادة مجموعة مسائل كان الحسابيون قد قاربوها. لقد عادوا إذن إلى الحساب كى يكشفوا من جديد فى بعض فصوله عن الامتداد التطبيقى للجبر الذى جدده الحساب، وخلال هذه الحركة الجدلية، التى تمت بين الجبر والحساب ، بحث الرياضيون عن طرق جديدة أرادوها تكرارية وقابلة لأن تقود بطريق الإعادة إلى التقريبات.

عبرت التطبيقات العربية عن الجدل المزدوج الذى ساد الإنتاج الرياضى العربى فى القرن التاسع الميلادى وعلى مدار القرون السبعة اللاحقة. وقد لعب علم الجبر الدور الرئيس فى إعادة بناء العلوم الرياضية العربية:

الجدل بين الجبر والحساب من جهة، والجدل بين الجبر والهندسة من جهة ثانية. وأدى تطبيق الحساب على الجبر أو حَسْبَنة الجبر نحو آخر القرن العاشر الميلادى وعند العالم الرياضى الكَرَجي، إلى تشكيل جبر متعدد المخارج. من هنا فليس فى هذه الجدلية أى قَبْلِية. كانت هذه الجدلية توسيعاً للأنظمة الرياضية كافة. وذلك بإرساء قواعدها من جديد وبتعميم تصوراتها أو طرائقها. صدر فصل "المعادلات العددية" عن الجبر الجديد وعن استحالة الحل الجبرى بالجذور للمعادلات التكعيبية فى ذلك الوقت. والجبريون الهندسيون أنشئوا فصل "المعادلات العددية". ومنذ القرن التاسع الميلادى إذن تغير المشهد الرياضى وتراجعت آفاقه. امتد الحساب والهندسة الاقليديان. وصارت نظرية المخروطات ونظرية المتوازيات والنظرية الاقليدية فى الأعداد والمناهج الأرشميدية فى قياس المساحات ومشكلات تساوى المحيط، صارت هذه النظريات جميعها موضوع بحث علماء الرياضيات. من جهة أخرى ومن داخل الرياضيات الهلنستية نفسها أصلح الرياضيّون المناطق الغير هلنستية. وفى ألفق المناهج الجبرية، درس الرياضيّون الدوال الحسابية. وأبتدع الرياضيّون قسما جديدا فى النظرية الاقليدية للأعداد. من جهة ثالثة، صار كتاب "الأصول" لاقليدس الذى كان كتابا فى الهندسة بالنسبة إلى اقليدس وبابوس وابن الهيثم، صار كتابا فى الجبر بدءا من القرن العاشر الميلادي. من كتاب فى الهندسة صار كتابا فى التوسيع الجبرى المتناهى للجسم الجذري. من جهة رابعة صار البرهان الجبري، عند العرب، أسلوبا جديدا فى البرهان فى الجبر المتعدد المخارج والتحليل التوافيقى ونظرية الأعداد الجديدة. كان البرهان الجبرى هو الأسلوب الذى توسل به العلماء، فى ذلك الوقت، للبرهان على خوارزميات الحلول الجبرية أو العددية للمعادلات. من جهة خامسة، ابتدع الرياضيّون التحليل الموضعى من خلال الجدل، الذى سبق أن أشرنا إليه، بين الجبر والهندسة. من هنا ابتدع الرياضيّون فى القرن العاشر الميلادى ترجمة مزدوجة :

١- الترجمة الجبرية لمشكلات المجسمات الغير القابلة للبناء بواسطة المسطرة والبرجل- التقسيم الثلاثى للزاوية والمتوسطين بعامة، وعمل المسبع فى الدائرة بخاصة. فى ذلك الوقت لجأ الماهانى والخازن والبيرونى وغيرهم من علماء الرياضيات والفلك إلى الترجمة الجبرية لتحديد أوتار بعض الزوايا لتشكيل جدول الجيوب؛

٢- الترجمة الهندسية للجبر. واجه عالم الجبر والهندسة أبو الجود بن الليث مشكلة حل المعادلة التكعيبية بواسطة الجذور. لجأ إذن إلى تقنية نقاط تقاطع المنحنيات. وقد كانت تلك التقنية معروفة لدى اليونان كما يؤيد ذلك القوهى وابن الهيثم. لكن الخيام (١٠٤٨-١١٣١ تقريبا) هو الذى أسس لهذه الترجمة المزدوجة. فقد قصد إلى تجاوز البحث الضيق عن شكل من أشكال المعادلة التكعيبية إلى صياغة نظرية فى المعادلات وبالتالى إلى صياغة نموذج جديد فى البحث. النظرية الجديدة هى نظرية المعادلات الجبرية من الدرجة الثالثة *3*. درس الخيام إذن المعادلات الجبرية من

الدرجة الثالثة من خلال المخروطات لتحديد الجذور الموجبة. من هنا جدد الخيام العلاقة بين الهندسة والجبر. وتوصل الخيام إلى نتيجتين منسوبتين إلى رنيه ديكارت:

٢-١- الحل العام لمعادلات الدرجة الثالثة كلها من تقاطع مخروطين؛

٢-٢- قيام الحساب الهندسى على اختيار طول وحدة.

لكن على غرار متقدميه لم ينظر الخيام إلا فى الخواص العامة للموضوعات المدروسة. ثم برهن شرف الدين الطوسى ، نصف قرن من الزمان، بعد الخيام، على نقطة التقاطع بين منحنيين مخروطين حيث تحدد إسقاطها الجذر الحقيقى المطلوب. مما قاد شرف الدين الطوسى إلى وضع المشكلات فى موضعها الدقيق - كان أول من ابتدع التحليل الموضعى - وفصل الجذور، كما قاده ذلك إلى تحديد معنى النهاية القصوى للتعبير الجبرى بخاصة، وإلى تحديد معنى النهايات القصوى بعامة.

ج- المعادلات العددية

أولا : حل المعادلات العددية والجبر

شرف الدين الطوسى ، فييت

١- الحساب العددي

كان فيات (*Viète*) هو البداية[١٩] . أما هاريوت (*Th. Harriot*) ، واوجتريد (*W.Oughtred*) ودوشال (*C.F. Dechales*) ، وبيل (*Pell*) وغيرهم، فقد حسنوا الطريقة بصورة أو أخرى. ودرسها نيوتن (*Newton*) بعد ذلك. وعدّلها رافسون (*J. Raphson*). وما زالت تعرض حتى اليوم، فى المصادر الأمريكية، تحت اسم نيوتن مقروناً برافسون *J. Raphson*: "نيوتن-برافسون". وسعى لاجرونج (*Lagrange*) وموارى (*J.R. Mouraille*) وفورييه (*Fourier*) إلى دراسة مشكلاتها. ووسّع روفينى (*Ruffini) (1813*) وهورنر (*Horner) (1819*) بشكل مستقل أبحاث فيات ونيوتن، وقد اقترحا خوارزمية أكثر عملية لاستخراج جذر معادلة عددية من أية درجة كانت .

إن مؤرخين للرياضيات أمثال مونتوكلا (*Montucla*) وهنكل (*Hankel*) وكانتور (*Contor*) وفيلايتنر (*Wieleitner*) وكاجورى (*Cajori*) وترويفك (*Ttropfke*) ... اعترفوا جميعهم بأسبقية فيات ، وعرضوا

تعديل نيوتن ، واستطاع البعض منهم وصف التحسين الذى أدخله بعد ذلك روفينى وهورنر. ومنذ بداية القرن التاسع عشر الميلادي، اعتمد لاجرونج الصورة نفسها. فقد كتب فى بحثه عن المعادلات العددية لجميع الدرجات (١٧٠٩) يقول إن فيات كان أول من درس حل المعادلات من أية درجة كانت. فقد بيّن كيف يمكن حلَّ عدّة معادلات من هذا النوع بعمليات مماثلة لتلك التى تستخدم فى استخراج جذور الأعداد. وقد سعى هاريوت واوجترید وبيل، وغيرهم من الرياضيين، إلى تسهيل تطبيق هذه الطريقة بتحديد قواعد إنقاص عدد تكرار التجريب، بحسب الحالات المختلفة، وبحسب علامات حدود المعادلات. لكن كثرة العمليات اللازمة والشك فى نجاحها فى عدد كبير من الحالات دفعت فيات إلى الانصراف عنها نهائيًا". ويذهب لاجرونج أبعد من ذلك فيكتب : "و قد تبعت طريقة فيات طريقة نيوتن التى ليست فى الحقيقة سوى طريقة للتقريب".

كتب مونتوكلا يقول القول نفسه بضع سنوات بعد هذا الكلام : "من بين الاكتشافات التحليلية البحتة لفيات لابد لنا أن نصف طريقته العامة فى حل المعادلات التى تطول كافة درجاتها ، إذ لم يتصدَّ أحد قبله لموضوع على هذه الدرجة من الاتساع. فمن تأمله فى طبيعة المعادلات العادية ، لاحظ فيات أنها ليست سوى قوى غير تامة، وأدرك أنه بالطريقة نفسها التى تُستخرج بواسطتها جذور القوى الغير التامة بالتقريب إلى أعداد ، بالإمكان استخراج جذر المعادلات ، مما يعطينا واحدة من قيم المجهول. ومن هنا فقد اقترح قواعد لهذه الغاية شبيهة بتلك التى تستخدم لاستخراج جذر القوة التامة ويمكن استخدامها بسهولة فى المعادلات التكعيبية. ولقد استعمل هاريوت نصف كتابه (*Artis Analyticae Praxis*) لتوسيعها ونجدها مشروحة عند اوجترید ووالّيس (*Wallis*) وفى علم الجبر، لدى الرياضى م . دولانيى (*M. De Lagni*). استخدمها والّيس *Wallis* فى حلّ المعادلة من الدرجة الرابعة ودفع تقريبه حتى العُشْر الحادى عشر.

تلك كانت الصورة التاريخية والتحليلية لمسألة الانطلاق من فييت. وقد احتل كل من روفّينى وهـورنر وغيرهما من رياضيى الغرب فيما بعد مكانهم فى أعمال المؤرخين والرياضيين مثل يونج (*Young*) وبيرنسيد (*Burnside*) وو يتاكر (*Whittaker*) وروبنسون (*Robinson*) وغيرهم. وبينما كانت هذه الصورة تتكرر من دون انقطاع حتى القرن التاسع عشر الميلادي، انتصف القرن العشرون بأبحاث كل من سيديللو (*Séddilot*) وويبكه (*Woepcke*) التى أعادت قراءة هذه الصورة التقليدية. فبدراستهما للمعلومات التمهيدية للفلكّيين والرياضيّين العرب فى ضوء الجداول الفلكية لـــ أولج بيج (*Olg-Beg*)، برهنا على طرق تقريب لحل المعادلات العددية ، وكانت هذه الطرق متعددة ومتقدمة. كذلك برهنا أنها كانت الطريقة الأولى للتقريب العددى المتتالى فى تاريخ الرياضيات بعامة.

من هنا ألقى اكتشاف سيديللو ويبكه ظلا من الشك حول الرواية التقليدية لتاريخ مسألة المعادلات العددية. ومع ذلك كان هذا الشك، بالنسبة إلى رشدى راشد، ضمنيًا لأن النص الخاص بالرياضى شلبى (*Shalabi*) لا يحوى علاجًا منهجيًا لمسألتنا المعنيّة، بل حالة خاصة عن حساب القيمة التقريبية لجيب $(\sin 1°)$ °. ربما لهذا السبب مرّت أبحاث سيديللو وويبكه مر الكرام. لكن هذا الرياضى يذكر الكاشى كأستاذه الجبرى من القرن الخامس عشر الميلادي. انصرف كل الانتباه إلى الكاشي. فى عام ١٨٦٤ أوحى هنكل ، من دون أن يتمكن من تأسيس حدسه، بأهمية الكاشى بالنسبة إلى تاريخ مسألة المعادلات العددية. كان تيتلر (*J. Tytler*) قد نوّه قبل هنكل بنصف قرن، بالأهمية نفسها.

و لم تهتز هذه الصورة التقليدية تماما إلا فى عام ١٩٤٨ حين صدور دراسة بول لوكى (*Paul Luckey*) عن "مفتاح الحساب" للكاشي. برهن بول لوكى أن الكاشى لم يبتكر الكسور العشرية وحسب إنما امتلك الطريقة المسماة باسم طريقة روفّينى – هورنر.وكانت معرفة تاريخ الرياضيات قبل الكاشى مجزأة. من هنا واجه لوكى ومؤرخو الرياضيات الذين اتّبعوا خطاه، مشكلة التعيين التاريخى لموقع عمل الكاشي. إن تمييز نشاط الكاشى الجبرى بدقة ، أسس من دون شك لأنصافه تاريخيًا. غير أن هذا الإنصاف تم بمعزل عن تحليل هذا النشاط ، ولم يحلل المؤرخ سوى النتائج. على أن رشدى راشد أنصف الكاشى من خلال تحليل هذا النشاط الجبرى بدقة، وحلل المقدمات التى أدت إلى النتائج.

فتاريخ الرياضيات، تبعا لرؤية رشدى راشد، تاريخ النتائج الرياضية العائدة إلى العملية التى أنتجتها. لا يقتصر رشدى راشد على تحديد العلاقة بين وقائع متتابعة وانتقال لقضايا. من هنا فقد وضع رشدى راشد مسألة موضعية كمسألة حل المعادلات العددية فى سياق العلوم التى تندرج ضمنها : أى الجبر والحساب. ومنذ العام ١٩٤٨ تحديدًا بدأنا نشهد تحسنًا نسبيًا فى معرفة هو تاريخ هذه العلوم عند العرب. إن اسم الإقليدسى يؤسس لفهم أفضل لمساهمة الكاشى فى معرفة الكسور العشرية. واسم الكرجى وأسماء أتباعه أمثال الشهرزورى والسموأل كما سبق أن بينّ رشدى راشد، تثبت بدقة أن كتاب "مفتاح الحساب" ليس سوى نهاية مطاف لتاريخ طويل ولحقبة مكثفة فى الحساب والجبر. أمّا اسم الخيّام واسم شرف الدين الطوسى – الذى بين رشدى راشد للمرة الأولى أهمية عمله الجبرى – فهما على أهمية جوهرية ليس بالنسبة إلى الجبر وحسب إنما بالنسبة إلى الهندسة الجبرية كذلك.

من هنا افترض رشدى راشد الفرضيتين التاليتين :

أ- إن عمل الكاشى – فى المعادلات العددية والكسور العشرية – هو التتويج للتجديد الذى شُرع فيه من قبل جبريّو القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى ؛

كانت مجموعتان من الأدوات النظرية والتقنية ضروريتين آنذاك لطرح مسألة حل المعادلات العددية :

١- كان هناك جبر منجز لمتعددات الحدود مع رفة بصيغة ذات الحدّين بالنسبة إلى القوى الصحيحة الموجبة أيًا كانت تلك القوى، وخوارزميات مثبتة لاستخراج الجذور العددية وقابلة للتعميم ؛

٢- كان توسيع نظرية المعادلات يهدف إلى فهم معادلات غير معادلات الدرجة الثانية أو تلك التى يمكن ردها إليها؛

٣- كان هناك بداية لدراسة المنحنيات بواسطة الجبر لدراسة مسألة التقريب .

إذا كانت هذه الأدوات قد جمع بينها الرياضيّون ، فذلك عاد إلى تيارين فى القرن الحادى عشر الميلادى كانا يهدفان إلى تحديد الجبر وتوسيع مجاله :

١- تطبيق الحساب على الجبر ، وفى محاولات غير مباشرة توسيع مفهوم العدد ؛ إن أعمال الكرجى المتبوعة بأعمال أتباعه أمثال السموأل زودت المسألة التى نحن بصددها بأول مجموعة من الأدوات التى سبق إحصاؤها؛

٢- التقدم بالجبر من خلال الهندسة. وقد قادت الدراسة الجبرية إلى المنحنيات، الأمر الذى أسس للهندسة الجبرية. وقد تميّز هذا التيار باسمى الخيّام وشرف الدين الطوسى ، وشكل المجموعة الثانية من الأدوات المطلوبة ، وبفضل هؤلاء الرياضيين صار بالإمكان طرح مسألة المعادلات العددية كما بين رشدى راشد.

وافترض رشدى راشد أنه أمام مشكلة حل المعادلات من الدرجة الثالثة حلاً جبريًا ، بذل هؤلاء الرياضيّون جهودهم لتأليف نظرية حول هذه المسألة. وكشفوا عن ضرورة البحث عن طرق أخرى للحل. فالعقبة النظرية لا تعوق طريق العلم وحسب إنما تؤدى -جدليا- دورًا كشفيًا ، من خلال تحديدها للمشكلة بدقة.

ب- كان الطوسى يمتلك طريقة ترتبط بها طريقة فيات بشكل أساس. فإن الصورة السائدة التى رسخها المؤرخون عدلها رشدى راشد. إذا كان بالإمكان مقارنة طريقة الكاشى بطريقة روفينى - هورنر فتبدو طريقة فيات وكأنها تسبق بالضرورة طريقة روفينى وهورنر. وكشف روفينى وهورنر عن طريقة الكاشى على أساس من رياضيات مجددة بالتحليل.

٢- منهج الطوسي

كتب الخيّام (١٠٤٤-١١٢٣/٤)، حسب ما يستشهد رشدى راشد، يقول إن للهند طرق فى استخراج أضلاع المربعات والمكعبات مبنية على استقراء قليل، وهو معرفة مربعات الصور التسعة، عنى مربع الواحد والاثنين والثلاثة ... الخ. وكذلك مضروب بعضها فى بعض ، عنى مضروب الاثنين فى الثلاثة ونحوها. وقال إن له كتاب فى البرهان على صحة تلك الطرق وتأديتها إلى المطلوبات. وقد عدد أنواعها ، عنى من استخراج أضلاع مال المال ومال الكعب وكعب الكعب، بالغًا ما بلغ ، ولم يسبق إليه ، وتلك البراهين إنما هى براهين عددية مبنية على عدديات كتاب "الأسطقسات". فإن البيرونى (٩٧٣-١٠٥٠)، تبعا لتفسير رشدى راشد، من رعيل الرياضيين السابقين على الخيّام ، قد ألّف كتابًا عنوانه بالتحديد : "فى استخراج الكعاب وأضلع ما وراءه من مراتب الحساب."وكان الخيّام يمتلك طريقة لاستخراج الجذور من أية درجة كانت ، ولأن هذه الطريقة مبنية على مفكوك $(a+b+...+k)^n$ حيث $n \in N$ أو على معرفة بصيغة خاصة لمفكوك ذات الحدّين وبقانون تشكيل جدول معاملاته . كان الخيّام يمتلك طريقة لاستخراج جذور "القوى البحتة" وهى طريقة ستيفل (*Stifel*) وفيات فى دراسة هذه القوى. ونظرًا إلى غياب نصوص أخرى تستعيد أفكار الخيّام بالعبارات نفسها أو بعبارات أخرى، فالاستنتاج الأخير -كان الخيّام يمتلك طريقة لاستخراج جذور "القوى البحتة" وهى الطريقة نفسها الخاصة بستيفل وفيات المتعلقة بهذه القوى -يبقى افتراضا. إلا أن هذا الافتراض يؤيده كتاب الطوسي، بالصمت أم بالطريقة التطبيقية.

تستند طريقة الطوسي، جزئيا، إلى معرفة بالمفكوك، الذى سبق أن نوّه به الخيّام من قبل، فهى تبدو كتعميم لاستخراج جذر "القوى البحتة" حتى "القوى المقترنة". فإن الحالة العامة وحدها ، أى تلك المتعلقة بالمعادلات المقترنة التى درسها الطوسى ودراسة هذه الحالة ، تبدو كأنها تعميم لما سبق أن فكر فيه الخيّام. كذلك سكت الطوسى عن مسألة $x^n=N$ حيث $n=2,3$. وذلك وكأن استخراج الجذر هذا كان فى متناول أولئك الذين كانوا يدرسون الرياضيات فى تلك الحقبة ، أما هو فقد استبقى لنفسه المسألة العامة للمعادلات المقترنة .

هل عمم الطوسي، إذن، بنفسه طريقة الخيّام ؟ لا يدّعى الطوسى نسبتها إليه. وليس هناك أى اسم فى المخطوطة التى حققها رشدى راشد. ولا يكفى استعماله للجداول وحده ، فى عرض طريقته ليدل على شيء مميز فى الحدود التى جعلت حسابيًا مثل كوشيار بن اللبّان يستعمل جداول الطوسى لاستخراج الجذور التربيعية والتكعيبية منذ بداية القرن الحادى عشر الميلادي، بحيث أمكن رشدى راشد القول بأن طريقة الطوسى قد صيغت بعد الخيّام ولكن قبل الطوسى أو لدى أحد هذين الرياضيين ، وفى تيار هذين الجبريين.

إن مسيرة الطوسى هى مناقشة الجذور لكل المعادلات أولاً ، ثم عرض حل المعادلة العددية المقابلة للمعادلة التى سبق أن نوقشت . وقد شرح رشدى راشد ، فى مرحلة أولية ، نص الطوسى : $x^2+a_1x=N$.

حيث : $N = n_0 10^m + n_1 10^{m-1} + ... + n_m$

إن المراتب المقترنة بالجذور تحدد $[\frac{m}{2}]$ مجالا حيث $[\frac{m}{2}]$ هى الجزء الصحيح من $[\frac{m}{2}]$ ويقارن بـــk وهو المرتبة العشرية لـــa_1 . ولدينا حالتان :

$[\frac{m}{2}] > k$ و $[\frac{m}{2}] < k$

١- الحالة الأولى : $[\frac{m}{2}] > k$ ، مثل $x^2 + 31x = 112992$

(أ) نجزئ N إلى شرائح من رقمين بدءًا من اليمين. فإذا كانت مرتبة N تعادل m، وهى هنا 5 فإن عدد الأرقام هو 6 وينتج عن ذلك أرقام ثلاثة للجذر x ونحصل على $r = [\frac{m}{2}] = 2$ وتكون بالتالى مرتبة x ممكنة.

إن مرتبة $a_1=31$ تعادل 1 و $r-k=1$. فنضع فى أسفل الجدول $a_1\ 10^2$ وفى مثلنا نضع $31.\ 10^2$.

(ب) نبحث عن آخر رقم للجذر وذلك بتعيين أكبر مربع تتضمنه آخر شريحة من العدد N – ليكن 9 هذا المربع– ونفرض $x_1=3,10^2$. نضع فى أعلى الجدول $(x_1)^2$ و $31x_1$ ونطرحها من N فنحصل على : $N\text{-}f(x_1)=N_1$ حيث $f(x_1)=(x_1)^2+a_1x_1$

$\therefore$: $y^2+(2x_1+31)y = N_1$

(ج) نفرض $x=x_1+y$ ونجد : $x_1^2 + y^2 + 2x_1 y + 31(x_1 + y) = N$

(د) نجزئ N_1 بالطريقة نفسها التى جزأنا بها N ونجرى الأسلوب نفسه، وبذلك نحدد $r_1 = [\frac{m_1}{2}]$ حيث m_1 هى مرتبة N_1 . نعتم الآن بحد الطرف الثانى ونضع فى أسفل الجدول : $(2x_1 + 31)10[\frac{m_1}{2}]$. نلاحظ أن الرقم الأخير لهذا العدد قد وقع تحت الرقم الأخير للعدد N_1 وأنه

أكبر منه. وبما أننا سوف نضـــيف إلى $(2x_1+31)y$ مربع y فإن حاصل جمعهما يبقى أكبر من N_1 ، نكون قد بينا إذن أن الرقم 3 الذى وجدناه ، هو آخر رقم للجذر.

نقوم بإزاحة مقدارها واحد ونبحث عن y ذات مرتبة تعادل $[\frac{m_1}{2}]-1$. ومرتبة y هنا تعادل 1 وفيما يخص المرتبة فإن : $a^2.10^2+6.10^2a.10=10^4$ إذن $a^2+60x=10^2$

نقسم إذن 130 على 60 أو 13 على 6 فنحصل على قيمة تقريبية لــy تعادل x_2 وذلك بإهمالنا فى العدد N_1 لحدود y ذات المراتب الأعلى من 1 ونحصل بذلك على $x_2=20$

(هــ) نحمل إلى الجدول : $(x_2)^2$ و$(2x_1+31)x_2$ ونطرح الكل من N_1 . وهكذا نحصل على

$$N_1-(x_2)^2-(2x_1+31)x_2=N_2$$

(و) نعاود الأسلوب ذاته بحثًا عن x_3 بحيث إن $x=x_1+x_2+x_3$

$$\because\ (x_1+x_2+x_3)^2+31\ (x_1+x_2+x_3)=N$$

$$\because\ (x_3)^2+x_3\ [(2x_1+2x_2)+31]\ x_3=N2$$

نجزئ N_2 لشرائح من رقمين ونعين المرتبة m_2 وتعادل 2 ؛ $m_2=2,[\frac{m_2}{2}]=1$. نتبين إذا كانت المرتبة 1 توافق x_3 . ونكتب فى أسفل $[2(x_1+x_2)+31]10$

يعاود رشدى راشد مقارنة المرتبة التى حصل عليها مع m_2 ، وكون العدد الحاصل هو أكبر من m_2 ، لذا يجد أن 2 هو الرقم الثانى للجذر. فحدّد إذن x_3.

(ز) نزيل السطر الأخير فى أسفل الجدول ونبحث عن x_3 بمرتبة صفر . فنجد أن $x_3=1$.

(ح) البرهان على أن : $N_3=N-x_3^2-[2(x_1+x_2)+31]x_3=0$

أنشأ الطوسى جدولاً مجملاً – حذفه الناسخ – لكن رشدى راشد تمكّن من أعادة إنشائه طبقًا للوصف الكتابى للطوسى وأضاف، إلى جانب الجدول، رموزًا لما عبّر عنه الطوسى بكلمات.

٢- الحالة الثانية : $[\frac{m}{2}]\leqq k$

وهى الحالة حيث $[\frac{m}{2}]\leqq k$. لتحديد الرقم الأول من الجذر يلجأ الطوسى إلى قسمة N على a_1 أو إلى طرح المربع الأكبر، فإذا كانت القسمة تعطى الإشارة إلى هذا الرقم أحيانًا ، فهى فى أحيان أخرى لا تعطى

أية إشارة. وبالنسبة إلى ما تبقى فالطريقة هى نفسها وتستعمل مع بعض التعديلات فى حالة المعاملات السالبة. وهكذا بالنسبة إلى المعادلة : $x^2+ 578442 = 2123\,x$.

طبق الطوسى طريقته على المعادلة $x^2+a_1x=N$ حيث $a_1 \in ZL$. هذه الطريقة تطول المعادلات التكعيبية الموضوع الأساسى لكتاب الطوسى دون تغيير فى الأفكار الأساسية أو تعديل ملحوظ فى مستوى العرض لنمط بعض الأمثلة : $x^3+a_1x^2+a_2x= N$

وميز شرف الدين الطوسى ثلاث حالات :

الحالة الأولى:

$k > [\frac{m}{3}]$ و $[\frac{k_2}{2}] > [\frac{m}{3}]$ حيث k_1 و k_2 هى بالتتالى مراتب a_1 و a_2 .

مثال : $x^3+12x^2+102x = 34345395$

المناقشة هى من نوع المعادلة من الدرجة الثانية، المقصود نقل المناقشة السابقة للحالة حيث $n=3$.

الحالة الثانية :

$[\frac{k_2}{2}] < [\frac{m}{3}]$ و $[\frac{k_2}{2}] > k$ حيث k_1 و k_2 هى بالتتالى مراتب a_1 و a_2

مثال : $x^3+6x^2+3000000x = 996694407$

الحالة الثالثة

$1k_2 > [\frac{m}{3}]$ و $k_1 > [\frac{k_2}{2}]$

مثال : $x^3+30000x^2+20x = 3124315791$

الطريقة هى هى مع هذا التعديل البسيط المفروض بسبب الشروط التى وردت من قبل. يقترح الطوسى أن نقسم هنا بـــ "عدد المربعات" (معامل x^2) للحصول أولاً على الرقم الأول للجذر أو كما يكتب : "نضع *[فى الجدول]* عدد المربعات كما المقسوم عليه والعدد كما المقسوم، نستخرج المعامل ونعرف درجته". ولكى يبين رشدى راشد أن الطوسى طبق طريقته على دالّة متعددات الحدود ذات المعاملات الصحيحة أخذ كمعادلة أخيرة : $x^3-a_1x^2-a_2x-c=0$

ولن تعالج سوى الحالة الأولى حيث $k_1 > [\frac{m}{3}]$ و $[\frac{k_2}{2}] > [\frac{m}{3}]$

هذه الأمثلة المختلفة تظهر عموم طريقة الطوسى وإحكامها. ومع أن هذه العمومية مضمونة، أمكن رشدى راشد إدراك مغزاها. هل أدى الورود الضمنى لمفاهيم على درجة من الأهمية مثل "المشتق" بالمؤلف الى الاقتصار على الإشارة من دون التصريح ؟ يبقى المفهوم بحده عدا طريقة عرضه مسألة تبحث عن حل أكثر من كونها وسيلة للحل كما سوف نرى :

$$(1)\ x^3+a_1x^2+a_2x = N$$

كتب الجذر بالصورة التالية : $x = a\ 10^2+ \beta\ 10+\gamma$

حدد الطوسى بالتتالى كلا من : $a, \beta\ \gamma$,

دالّة المتغير الحقيقى هى $f(x) = x3+a1x2+a2x$

إن المقارنة بين المرتبة العشرية للجذر المطلوب ومراتب معاملات (1) تؤسس لاختيار معاملات مختلف الأرقام الخاصة بالجذر. إن تحديد هذه الأرقام بالمعنى الدقيق والآلى إلى حدٍ ما يحصل بالطريقة التالية :

يتمّ تحديد $x_1=a10^2$ وفقًا للحالة ، إما بالقسمة ، أو بالبحث عن أكبر مكعب يتضمنه N . نكتب $x=x_1+x_2$ ونسعى لتحديد x_2. ويكون لدينا وفقًا لـــ(1) $N = f(x_1+x_2) = f(x_1)+N_1$

$N_1=(3x^2_1+2a_1x_1+a_2)+(3x_1+a_1)(x_2)^3+(x_2)^3$، وتحدد N_1 طبقا لاختيار x_1 ويحصل الطوسى على قيمة تقريبية x_2' لـــ x_2، وبإهمال الحدود ذات المراتب الأعلى من ١ فى N_1 يحصل على :

$$(2)\ \dot{2} = \frac{N_1}{3x_1^2 + 2a_1x_1 + a_2} = \frac{N_1}{f'(x_1)}$$

f' هى الدالة المشتقة من f ، نكتب الآن : $x = ((x_1 + x\dot{2}) + x_3)$ ونسعى إلى تحديد x_3 .

$$\because N_2 = N - f(x_1 + x\dot{2}) = 3(x_1 + x\dot{2})2x_3 + 2a_1(x_1 + x\dot{2})x_3 + a_2x_3 + 3(x_1 + x\dot{2})(x_3)^2 + (x_3)^3$$

وبعبارة أخرى، الطريقة عامة وإذا ما كان الطوسى قد طبقها على المعادلات من درجة أقل أو مساوية لثلاث فقط ، فذلك ضمن الحدود التى تتناول تكوين نظرية هذه المعادلات. إن الحالة العامة لا تتطلب مفاهيم أخرى مجهولة من قبل المؤلف . لتكن إذن المعادلة التالية :

$$(3)\ x^n+a_1x^{n-1} +...+a_{n-1}x= N$$

$\because f(x)=x^n+a_1x^{n-1}+...+a_{n-1}x$

إن الدالة قابلة للإشتقاق عدة مرات ككل الدوال التى درسها الطوسى. وبإمكاننا معرفة المجال الذى ينتمى إليه الجذر، ليكن $x \in\ ]10^r,10^{r+1}[$. يكون لـــ x الشكل التالى $e_0 10^r+e_1 10^{r-1}+...+e_r$ بحيث إن $r = [\frac{m}{n}]$ وحيث m هو المرتبة العشرية لـــ N .

نحدّد x_1 كما ورد أعلاه أى إما بالقسمة أو بالبحث عن العدد الصحيح الأكبر للقوة n المتضمنة فى N .

$N_1=N-f(x_1)$∵ و $x = x_1+x_2$ و $N_1=g(x_2)$ حيث g هى كثيرة الحدود من x_2 درجة $(n-1)$. نحصل على قيمة تقريبية x_2 لـــ x_2 ، حيث x'_2 محدّدة كما يلى :

$$(4)\ N_1 = nx^{n-1}x\dot{2} + a_1(n-1)x_1^{n-2}x\dot{2} + \cdots + 2a_{n-2}x_1x\dot{2} + a_{n-1}x\dot{2}.$$

هى مشتقة f فى النقطة x_1 ، و :

$$(5)\ x\dot{2} = \frac{N_1}{f'(x_1)}.$$

بمعاودة متتالية للعملية نفترض أننا حددنا كلا من : $x_1, x\dot{2}, \cdots, x'_k$

و $x = x_1 + x\dot{2} + \cdots + x'_{k-} + x_k$ حيث $k = 2, \cdots, n$

x هو القيمة التقريبية لـــ$k^x k$ و x معطاة بواسطة الصيغة :

$$(6)\ x\dot{k} = \frac{N_k}{f'(x_{k-1})}$$

حيث : $N_k=N-f(x_1+x_2+\ldots+x'_{k-})$

$X_{k-1} = x_1 + x\dot{2} + \cdots + x'_{k-}$

وهكذا فإن قيمة تقريبية لـــ x تصبح كما يلى :

$x_1 + x_2 + \cdots + x_n$

حيث تعطى الصيغة (6) قيم x'_i

لا يتطلب التعميم إدخـــال مفاهيـــم جـــديدة غير مستعملة فى الأمثلة المدروسة. ومع ذلك لابد ألا نفاجأ بـــ (4) ، ففى الواقع ، إذا كانت f متعددة حدود من درجة n فإن :

$$(7)\ f(x_1 + x_2) = f(x_1) + x_2 f'(x_1) + x_2^2 / 2f'(x_1) + \cdots + x_2^n$$

وكذلك :

$$(8)\ f(x_1 + x_2 + \cdots + x'_{k-} + x_k) = f(x_1 + x_2 + \cdots + x'_{k-}) + x_k f'(x_1 + x_2 + \cdots + x'_{k-}) + \cdots + x_k^n$$

وهذا ما يوضح الصيغة(6) .

لكن حين يتكلم رشدى راشد بلغة "المشتق" ، ألا ينزلق إلى معنى غريب عن نظرية الطوسى ؟

يسجل رشدى راشد النقط التالية :

١- يستعمل الطوسى بالنسبة إلى المقسوم عليه عبارات تتطابق جبريًا مع المشتق الأول ؛

٢- التصريح والتضمين :

أ- غياب الدوال وارد فى تحديد الجذر الصحيح الموجب لمعادلة عددية بواسطة طريقة التقريبات المتعاقبة ؛

ب- حتى لو لم يبحث الطوسى إلا عن هذه الجذور الموجبة فطريقته تؤسس للحصول على الجذور السالبة لــ (١) ، إذ يكفى أن تطبق باستبدال $f(x)$ بـــ $f(-x)$ ؛

٣- استعمل الطوسى العبارة الجبرية لــ "المشتق" خلال مناقشة مسألة وجود جذور المعادلات الجبرية . إن المعادلات العددية التى درسها الطوسى هى دائمًا بالنسبة إليه بمثابة مثلٍ عن هذه المعادلات الجبرية التى برهن من قبل وجود جذور لها.

قبل إعادة وضع حل المعادلات العددية إلى مكانه فى عمل المؤلف الجبرى ، درس رشدى راشد الصلات بين طريقة الطوسى وطريقة فييت.

٣- الصلات بين الطوسى وفييت

استعمل الطوسى الطريقة كجزء من معرفة رياضية معروفة. والمهم فى هذه الطريقة يكمن فى الجداول. وباستثناء بعض التفسيرات حول مقارنة المراتب العشرية ومفكوك الصيغة $(a+b+...+k)^n$ حيث $n = 2,3$ ، والقسمة والعبارات التى لابد من إدخالها فى الجدول، فإن النص يخلو من الإشارة إلى مساهمة الطوسى أو تلك التى استطاع إستعارتها من أسلافه.و كان بإمكان رشدى راشد توقع حالة مختلفة مع فييت. لكن ذلك لم يحدث. فعدا التفسيرات المشابهة لتفسيرات الطوسى ومع أن مؤلفه مطبوع وليس مخطوطًا، لا يجد المؤرخ

فيه سوى تأملات عامة فى "الاتجاه التحليلي". ما التصورات الرياضية التى أسهمت فى صياغة هذه الطريقة ؟ ذلك هو السؤال.

يجرى فرونسوا فيات حل "القوى المقترنة" بالأسلوب نفسه لحل "القوى البحتة". والحل "تحليلي" أى أنه يتبع المسار المعاكس للمسار المتبع بتشكيل القوى المقترنة مراعيًا الموضع والمرتبة والتزايد والتناقص للمعاملات كما تلك التى للمجهول . لكن بينما برهن الطوسى ، فى البداية ، وجود جذر أو عدة جذور موجبة للمعادلات، حيث تمثل المعادلات العددية ذلك، يجد رشدى راشد أن فيات لا يطرح هذه المسألة فى أى موضع من مؤلفه، ويقدم المعادلة العددية المطلوب حلها من دون تأسيس. هذا الفرق هو أساس أسطورة خلقها رينان (*Renan*) وتانيرى (*Tannery*) وغيرهما من المؤرخين الذين عارضوا بين:

١- المظهر ***العملى*** القابل للحساب للرياضيات العربية؛

٢- المظهر ***النظرى*** للرياضيات اليونانية؛

٣- الرياضيات المسماة باسم "عصر النهضة".

ولدراسة فيات بدأ رشدى راشد بالمعادلة التالية :

$1Q + 7N$ يساوى 607050

وبدأ فيات كما الطوسى بتفريق الشرائح من رقمين ابتداء من اليمين، وعوضًا عن وضع الأصفار فوق مراتب المربعات، فهو يضع نقاطًا تحت هذه المراتب نفسها :

ثم اعطى جداول

أ- استخراج الضلع الأول الجزئى ؛

ب- استخراج الضلع الثانى الجزئي؛

ج- استخراج الضلع الثالث الجزئى كما لو أنه الثاني.

يستنتج رشدى راشد أنه إذا كانت $IQ+7N$ تعادل *60750* فإن IN تعادل *243* "بالضبط وفقًا للوجهة المعاكسة الخاصة بالتشكيل" ، كما يكتب فيات .

إن أفضل وسيلة لمقارنة طريقتى فيات والطوسى تكمن عند رشدى راشد، فى استعادة مثل فيات وحله بطريقة الطوسي. قدم الطوسى الجداول المجمعة، التى حذفها الناسخ ، كما يقدم جداول جزئية خلال الوصف. لذلك لا يمكن المؤرخ إلا أن يدهش أمام التشابه . والفرق الوحيد هو فى أن فيات يضع الأصفار فوق الأرقام، ويضعها تحتها ويضع القواسم نهائيًا فى أسفل الجدول مع فارق الضرب بمعامل تقريبًا ، فهو يضعها بطريقة ما فى أعلى الجدول.

إن الفرق بين الطريقتين ليس جوهريًا.

ويستمر هذا التشابه لدى مواجهة الحالات الأخرى للمعادلة من الدرجة الثانية . وهكذا فى الحالة حيث $k < [\frac{m}{2}]$ وجدنا أن الطوسى يؤخر المعامل كى يتمكن من إجراء القسمة .

كما يظهر فى المثل الذى يعطيه : $954N+1Q$ يعادل 18487

ولأن اختيار القواسم مهم بالنسبة إلى شرح الطريقة ، فيلاحظ رشدى راشد بالنسبة إلى هذا المثل نص فيت.

طبق رشدى راشد ما كتبه فيات على المثل المدروس ، يأخذ كجزء من القواسم ما نرمز إليه بـــ $2x_1$ دون أن نهمل وضعها فى مكانها وحسب الترتيب الذى يناسبها . ويدرج بالعناية نفسها بين القواسم العليا "المقادير التى هى معاملات" وهى هنا a_1 ولديه أخيرًا كمجموع قواسم : $2x_1+a_1$ وهو ما يؤسس لتحديد x_2.

بالنسبة إلى المعادلات من الدرجة الثانية بإمكان رشدى راشد إذن أن يؤكد أنه لا يوجد فارق ملحوظ بين طريقة الطوسى وطريقة فييت. فهل هناك فارق مهم بالنسبة إلى المعادلات من درجة أعلى ؟

لدرس هذا السؤال يجرى راشد الطريقة نفسها التى تمت للمثل السابق على المعادلة : $IC+30N$ تساوى $14,356,197$. بإمكانه توقع رؤية ظهور الفارق المهم بين الطريقتين . إن نص فيات يتيح المجال للإفتراض أن مجموع القواسم الذى يسمح بتحديد X_2 سيكون فى هذه الحالة $3_X+3_{X_1}+a_1$ ، فتغير الطريقة من طبيعتها بعض الشئ .

تعطى الجداول التالية :

أ- استخراج الضلع الأول الجزئى؛

ب- استخراج الضلع الثانى الجزئى ؛

ج- استخراج الضلع الثالث الجزئى كما لو أنه الضلع الثانى.

إذا كانت $IC+30N$ تساوى $14,356,197,IN$ باتباع الإتجاه نفسه ولكن بمنحنى معاكس لاتجاه التشكيل.

و لمقارنة الطريقتين، استعاد رشدى راشد مثال الطوسي.

ولاحظ إذن أن "مجموع القواسم" يتغير عندما نطبق طريقة الطوسى على أمثلة فييت. فبينما يكون هذا المجموع *1260300* فى القسم الثانى من جدول فيات فهو *1200300* حسب طريقة الطوسى ؟

عاد رشدى راشد إلى المعادلة : $x^3+a_1x^2+a_2x = N$ التى نوقشت من قبل ، فقد رأى أن :

$$x_2 = \frac{N_1}{3x_1^2 + 2a_1x_1 + a_2}$$

حيث : $N_1 = (3x_1^2 + 2a_1x_1 + a_2)x_2 + (3x_1 + a_1)x_2^2 + x_2^3$

و بالنسبة إلى ، لدينا :

$$N_1 = (3x_1^2 + 2a_1x_1 + a_2)x_2 + (3x_1 + a_1)\{x_2\}x_2\} + (x_2)^3$$

حيث $\{x2\}$ تستبدل بـــ *10* عند إجراء القسمة وتتحول صيغة الطوسى السابقة إلى الصيغة التالية مع فيات:

$$x_2 = \frac{N_1}{(3x_1^2 + 2a_1x_1 + a_2) + 10(3x_1 + a_1)}$$

وبصورة أكثر عمومية ، إذا عدنا إلى المعادلة *(3)* فإن *(5)* تصبح مع فيات :

$$x_2 = \frac{N_1}{f'(x_1) + \frac{10^{m-1}}{2} f'(x_1) + \cdots + \frac{10^{(n-2)(m-1)}}{(n-1)!} f^{n-1}(x_1)}$$

و منها استنتج رشدى راشدصيغة مقابلة لـــ *(6)* .

بقي، حسب رأى رشدى راشد، أن طريقة فيات فى جوهرها قريبة من طريقة الطوسى والمسألة المختلف عليها ليست متشعبة التحديدات لدرجة أنها يمكن أن تجر بذاتها كل هذه المشابهة . إن الوسائل المعروضة ، وتفصيلات العرض تتشابه إلى الدرجة التى تؤسس للتساؤل : ألم يكن فيات على صلة بهذا التيار فى الجبر العربى الذى يشكل الطوسى أحد رموزه ؟

الهوامش

١) الخوارزمى ، أبو عبد الله محمد بن موسى، " كتاب الجبر والمقابلة"، تحقيق ونشر على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد، القاهرة، الجامعة المصرية، كلية العلوم، ١٩٣٩

٢) رشدى راشد ، الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس، ج١، المؤسسون والشارحون، تحقيق وتقديم، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ١٩٩٦، الفصل الأول، المدخل، ١-١-١- بنو موسى، ص ١-٥؛ ١-١-٢- أعمال بنى موسى الرياضية، ص ٥-٧ .

٣) رشدى راشد ، دائرة المعارف الفرنسية، المجلد العاشر، ١٩٨٤، باريس، فرنسا، ص ٢٤٧ .

٤) د. محمد مصطفى هدارة، المأمون، الخليفة العالم، القاهرة، الدار المصرية للتاليف والترجمة، من دون تاريخ.

٥) ديوفنطس الاسكندراني، "صناعة الجبر"، ترجمة قُسطا بن لوقا، تحقيق وتقديم رشدى راشد، التراث العلمي؛ ١ ، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٥ .

٦) رشدى راشد، "فكرة الجبر عند الخوارزمي"، مجلة العلوم الأساسية، ٤، ١٩٨٣، ص ٨٧-١٠٠ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية الى اللغة الروسية فى "الخوارزمي، ١٢٠٠"، موسكو، ١٩٨٣، ص ٨٥-١٠٨؛ ثم الى العربية فى مجلة المستقبل العربي، ١٩٨٤؛ ثمت الترجمة الى اللغة الإنجليزية فى كتاب : ج. ن. عطية (تحرير) ، الحضارة العربية، التحديات والاستجابات، أ.م.أوفايث، مطبوعات جامعة نيويورك الرسمية، ١٩٨٨، ص ٩٨-١١١ ؛ بين الحساب والجبر. بحوث فى تاريخ الرياضيات العربية، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، دراسات وإعادات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤، ٣٢١ صفحة. نقل من اللغة الفرنسية الى اللغة العربية فى بيروت عام ١٩٨٩، ثم الى اللغة الإنجليزية، كلوير، دراسات بوستن فى فلسفة العلوم، ١٩٩٤، ثم الى اللغة اليابانية، مطبوعات جامعة طوكيو.د. جون اتار، محاولات فى تاريخ الرياضيات، جمعها وقدم لها رشدى راشد، باريس، بل ونشار، ١٩٨٤ . فى اللغة الفرنسية. رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، "بين الجبر والحساب"، ترجمة د. حسين زين الدين، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (١)، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان، ط١، ابريل ١٩٨٩، ص ١٩-٣٢ .

٧) رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، "بين الجبر والحساب"، ترجمة د. حسين زين الدين، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (١)، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان، ط١، ابريل ١٩٨٩، ص٣٥-٣٦ .

٨) المرجع السابق، ص ٤٢-٤٣ .

٩) المرجع السابق، ص ١٢-١٣ .

١٠) د. رشدى راشد، "التحليل التوافيقي، التحليل العددي، التحليل الديوفنطسى ونظرية الأعداد"، فى "موسوعة تاريخ العلوم العربية"، ج٢، الرياضيات والعلوم الفيزيائية، الرياضيات العددية، الجبر، الهندسة، المثلثات، الرياضيات التحليلية، الموسيقى، الستاتيكا، المناظر والبصريات، إشراف رشدى راشد، مركز دراسات الوحدة العربية، مؤسسة عبد الحميد شومان، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٧٧، ص٥٣٢-٥٣٦ .

١١) د. رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص٥٤ .

١٢) رشدى راشد ، دائرة المعارف الفرنسية، المجلد العاشر، ١٩٨٤، باريس، فرنسا، ص ٢٤٧ .

١٣) د. رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص٥٨-٦٩ .

١٤) د. رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص٨٦-٩٣ .

١٥) د. رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص٩٣-١٠١ .

١٦) د. رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص ١٠٥-١٢٣ .

١٧) د. رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص ١٢٥-١٤٩ .

١٨) د. رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص ١٥٣و مابعدها.

١٩) د. رشدى راشد، "تاريخ الرياضيات العربية"، مرجع سبق ذكره، ص ١٧٣-٢٠٨ .

الفصل الثاني

المخطوطات الجديدة

١- أولا : السموأل بن يحيى بن عباس المغربى (متوفى حوالى سنة ٥٧٠ هـ / ١١٧٥ م)

كشف رشدى راشد عن مخطوطات رياضية بالغة الأهمية كانت فى حكم المفقودة. لكن قبل الكلام على هذه المخطوطات البالغة الأهمية لا بد من الإشارة إلى أن محققى المخطوطات السابقين كانوا يستخدمون، أسلوبين أساسيين من أساليب تحقيق النصوص المعروفة : التصوير والتفسير، التشكيل والتأويل. وبالطبع كانوا لا يقصدون من وراء ذلك التصوير فن التصوير الزيتى كما كانوا لا يقصدون من وراء التصوير، ذلك الاستنساخ الورقي. وبالطبع أيضا كانوا لا يقصدون من وراء التشكيل فن الرسم كما كانوا لا يقصدون من وراء التشكيل الإعراب فى اللغة. إنما كانوا يقصدون من وراء هذا التصوير وذاك التشكيل البحث عن العلامة القابعة خلف نظام الكتابة أو الصورة المتوارية خلف العلامة المكتوبة. وكانوا يلجئون من جهة أخرى إلى تجاوز الكلام الظاهر بحثا عن كلام باطن يحيل إليه الكلام الظاهر إحالة خفية. ويشير الكلام الظاهر والباطن معا إلى موقفين متعارضين يحار بينهما الباحث فى المخطوطات القديمة. وقد حار الدارس الحديث بين التشكيل وبين الكتابة المزدوجة/الملتبسة. فإما ترجمة ما يقوله الكلام ضمنا من دون تصريح وإما السعى إلى قول ما لا يقوله الكلام. من هنا كان التفريق بين مستويين فى الكلام الواحد. ومن هنا أيضا كان اتجاه منهجيات التأويل إلى التأكيد على أن الكلام يعانى من فجوات وثغرات وبياضات. ومن هنا كانت معاناة رشدى راشد من فجوات وثغرات وبياضات، فى المخطوطات العربية القديمة. وأصبح من الصعب إذن التقيد بما قيل فعلا أو بمجرد كتابة ما قيل. ولم يتقيد الباحث الحديث بكتابة ما قيل ويقال. وهناك من يحمل لواء مشروع مخالف أتم الاختلاف، أى الاكتفاء بمجرد كتابة ما قيل ويقال. إذ لا يسعى البعض إلى الإحاطة بالكلام بهدف اكتشاف عنصر خفى أو معنى خفى يختبئ فيها أو يرى النور خلف سطحها الظاهر.

مع ذلك فإن الكلام لا يُرى رؤية مباشرة. فإن الكلام لا مرئى ولا مختفى فى الوقت نفسه. إذ يقوم تاريخ الثقافة على نقل المكتوب وحده والذى هو لا مرئى وغير خفى فى آن. وذلك من دون البحث عن التأويل أو التفسير. فالثغرات والفجوات ليست دلالات متوارية إنما هى إشارات وتنبيهات، حسب ما عبر ابن سينا، إلى

حضورها فى فضاء تناثر وتبعثر. وليس من الممكن الوقوف عند حدود الظاهر. لأن الكلام لا يدرك إدراكا مباشرا. فهو ملتبس بطبيعته. مما يقضى بفض هذا الالتباس. إذن يحيل التسجيل والتدوين معا إلى احتواء الكلام على تشكيلات خطابية، أى إلى أسس الكلام لا على المخطوطة. ويقوم تحليل اللغة على مجموعة من الأقوال والنصوص كما أن تأويل المعانى ومحتويات اللغة، يستند إلى جانب معين من الكلام، وينطلق الباحث لمنظومة ما من "إعادة كتابة" جوانب محددة من الكلام، فى لغة شكلية. هذا هو حصاد المنهج العيني. لا بد من الانطلاق من الكلام. لكن لا بد أيضا من تنظيم الكلام ضمن مجموع معين، يتغير وفقا للمسألة المطروحة.من هنا لم يكن تحقيق رشدى راشد للمخطوطات الرياضية القديمة المفقودة تحقيقاً للنصوص الرائدة وحسب إنما كان تحقيقاً واقعاً فى إطار إعادة كتابة تاريخ العلم بعامة.

بعد أن كشف رشدى راشد عن هذه المخطوطات، حققها ونقلها إلى اللغة الفرنسية كما تناولها بالتحليل الرياضى والتاريخى المتأنى الدقيق. ولوضع هذه الكشوف فى موضعها التاريخى كان من مهامه أن يجدد منهج الكتابة فى تاريخ العلوم وأن يولى عناية خاصة بالتراث المتنوع والمدارس والتيارات والاتجاهات والأسس النظرية والمنهجية لهذه الكشوف أكثر من مجرد سرد تاريخ العلماء وسيرهم. فأعاد قراءة تاريخ الجبر الحسابى ثم الهندسة الجبرية والرياضيات التحليلية. من جهة أخري، أعاد قراءة تاريخ علم المناظر. فاكتشف نصوصا كانت قد فقدت فى اللغة اليونانية القديمة حول المرايا المحرقة كما اكتشف كتابين مهمين للكندى أحدهما عن المرايا المحرقة والثانى فى المناظر وكتابا بالغ الأهمية للعلاء بن سهل (القرن الرابع الهجري) عن العدسات والانكسار.

١-١ – حسبنه الجبر

مثل كتاب "الباهر" الذى حققه رشدى راشد أهمية أساسية فى تاريخ الرياضيات وفلسفتها(١) . وكتاب "الباهر" الذى حققه رشدى راشد عام ١٩٧٢ فى جامعة دمشق بسوريا، جمع السموأل فيه أصول الجبر والمقابلة ، وبرهن منها على ما لم يجد أحدًا برهن عليه ، وكمل بما أودعه من الأعمال والأشكال المبتكرة الجبر السائد، وعلل فيه ما زعم فيثاغورس أنه أدركه من طريق الوحي، لم يخلط كلامه بكلام من تقدمه، لكنه نسب إلى اقدم من نقل ذلك عنه وقسمه إلى أربع لحظات. مهد فى اللحظة الأولى الطريق إلى التصرف فى المجهولات بجميع الأدوات الحسابية كما يتصرف الحاسب فى المعلومات. والتزم البراهين على جميع قضاياه. وضمت اللحظة الثانية من الأصول التى تَحلّ بها المسائل الجبرية ويستعان بها على إخراج المجهولات. واستقصى السموأل فى اللحظة الثالثة، حساب المقادير الصم ، والتصرف فيها بأبواب الحساب حتى جعل المنطق والأصم عند متفهمها سيان. وختم الكتاب بلحظة رابعة فى تقاسيم المسائل ليقف منها على

نوع كلِّ مسألة ترد ، وما تصلح أن تسمى به ، ولا غناء لمتفهمه عن علم عشر مقالات من كتاب الأصول لأقليدس. وكان قد طالع بعض مسودات كتاب "الباهر" عند فراغ السموأل من كتابته ناصر الدين إبراهيم الباكوهي.

وفى الفصل الأول من الباب الأول من هذا الكتاب أشرت إلى الدور الذى لعبه الكَرَجى والسموأل فى تاريخ إعادة التأريخ للاستقراء الرياضي. أعاد الدارسون كتابة تاريخ الاستقراء الرياضى مرات عدة منذ عام ١٩٠٩. بدأت الإعادة برأى فـــى ثلاث صفحات من "نشرة الجمعية الرياضية الأمريكية"، شكك فيها ج. فاكا (*G. Vacca*) فى تاريخ الاستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات القرن السابع عشر. وصار تاريخ الاستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات موروليكو (*Maurolico*) لا علماء القرن السابع عشر الميلادي. من هنا طرحت مقالة ج. فاكا من جديد مسألتى تاريخ "مبدأ" الاستقراء الرياضي؛ و"طريقة كتابة" تاريخ مبدأ الاستقراء الرياضي.

و بعد فحص مفصل لعمل موروليكو، بين فريدونتال (*M.Freudenthal*) أن هنالك ثلاثة مواضع كحد أقصى بإمكاننا التعرف من خلالها، على شكل مضطرب من الاستقراء الرياضى ، بينما صاغ بليز باسكال مبدأ الاستقراء الرياضى ، للمرة الأولى بشكل مجرد. ومع أن فريدونتال يرد الاعتبار إلى بليز بسكال ، فالأطروحة تحتمل التأويل. فموروليكو يعرف شكلا قديما من الاستقراء الرياضى ، وعمل بليز باسكال من خلال هذا الشكل القديم من الاستقراء الرياضي، قبل أن يتجاوزه. ومنذ دراسة فريدونتال ، استعاد المؤرخون أمثال م. هارا (*M.Hara*) وهو من أتباع بليز بسكال، هذه القضية. فتناسى تحفظات فريدونتال جاعلاً من باسكال بداية مطلقة للاستقراء الرياضى فى التاريخ. وأعاد م. رابينوفيتش (*M. Rabinovitch*) الاستقراء إلى ليفى بن جرسون .(*Levi Ben Gerson*) ويبين أن ليفى بن جرسون هو "أول" من استخدم منهجيا الاستقراء الرياضي.

من جهته، عرض رشدى راشد لعناصر لم تنشر من قبل. وبين رشدى راشد أن هناك محاولات سبقت موروليكو وليفى بن جرسون، وهى محاولات الكرجى والسموأل. أعاد رشدى راشد كتابة تاريخ الاستقراء الرياضى بطريقته. وصار تاريخ الاستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات الكرجى والسموأل، لا علماء القرن السابع عشر الميلادي. وبالتالى فهو الامتداد المتطور لإعادة المؤرخين الغربيين كتابة تاريخ الاستقراء الرياضى منذ مطلع القرن العشرين. كشف م. إيتار (*M .Itard*) عن الاستقراء الرياضى عند إقليدس بينما فريدونتال يرد هذه المحاولات إلى ما قبل تاريخ المفهوم. شكك رشدى راشد فى تاريخ الاستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات القرن السابع عشر. لماذا لجأ الكرجى والسموأل إلى طرق جديدة فى البرهان ؟

فى ضوء ذلك السؤال يعرض كتاب "الباهر" ، إذن، بدقة الموقف القائم فى الجبر فى القرن الثانى عشر الميلادي. ويؤسس كتاب "الباهر" لدراسة بداية جديدة للجبر فى القرن الحادى عشر الميلادي. ويصحح بعض التصورات السائدة فى مختلف تواريخ الرياضيات وفلسفتها. وعمق عمل الكرجي. فهو من جهة وثيقة غير عادية دلت على موقف الجبر فى القرن الثانى عشر الميلادي، وهو من جهة ثانية، يعمق حسبنة الجبر التى بدأها الكرجي، مما أدى إلى كشوف جديدة وإلى تأريخ جديد لأربع مجالات أساسية فى تاريخ الحساب والجبر:

١- ضرب وقسمة القوى الجبرية؛

٢- نظرية قسمة متعددة الحدود؛

٣- حساب العلامات؛

٤- المعاملات الجبرية ذو مخرج ذو حدين وصيغة المخرج ذو حدين.

١-٢- مشروع السموأل العلمي

السموأل بن يحيى بن عباس المغربى (متوفى حوالى سنة ٥٧٠ هـ / ١١٧٥ م) رياضى وطبيب ولد بالمغرب وسكن بغداد مدة وانتقل إلى فارس ومات بالمراغة بأذربيجان . كان أبوه يشدو شيئًا من علم الحكمة. وكان يهوديًا وأسلم. ومات شابًا ودرس علم العدد والجبر. وأقام بديار بكر وأذربيجان وله رسائل فى الجبر والمقابلة يرّد فيها على ابن الخشاب النحوي. وذلك أن ابن الخشاب كان معاصره وكان لابن الخشاب مشاركة فى الحساب ونظر فى الجبر والمقابلة.

وأتى السموأل إلى المشرق وارتحل منه إلى أذربيجان وخدم بيت البهلوان وأمراء دولتهم وأقام بمدينة المراغة وأولد أولادًا هناك سلكوا طريقته فى الطب وارتحل إلى الموصل وديار بكر وأسلم فحسن إسلامه وألف كتابًا فى معايب اليهود تحت عنوان "إفحام اليهود" .

كان أبوه، يقال له الرب يهوذا ابن أبون من مدينة فاس بأقاصى المغرب، والراب لقب ليس باسم وتفسيره الجبر ، وكان عالما فى علوم التوراة وكان اسمه المدعو به بين أهل العربية أبا البقاء ابن يحيى ابن عباس... المغربى وكان اتصاله بأمه فى بغداد وأصلها من البصرة وهى إحدى الأخوات الثلاث المنجبات فى علوم التوراة وهن بنات إسحاق بن إبراهيم البصرى الليوى يعنى سبط ليوى وهو سبط مضبوط النسب لأن منه كان موسي، وكان إسحاق هذا ذا علوم يدرسها ببغداد وكانت أمهن نفيسة بنت أبى نصر الداودى المصرى ، وهذا

الداودى من رؤسائهم المشاهير وذريته فى مصر. وشغله أبوه بالكتابة بالعلم العبرى عند كمال السنة الثالثة عشرة من مولده شغله حينئذ بتعلم الحساب الهندى وحلّ الأزياج عند أبى الحسن الدسكري، وقرأ علم الطب على أبى البركات هبة الله ابن على والتأمل فى علاج الأمراض ومشاهدة ما ينفع من الأعمال الصناعية فى الطب والعلاجات عند خاله أبو الفتح الطيب البصري.

ثم قرأ الحساب الديوانى وعلم المساحة على ابن المظفر بن الشهرزوري، وقرأ الجبر والمقابلة على ابن أبى تراب، وتردد إلى أبى الحسن بن الدسكرى وأبى الحسن بن النقاش لقراءة الهندسة حتى حلل المقالات من كتاب "الأصول" لاقليدس وهو فى ذلك مهموم بالطب حتى استوعب ما ذكره من ابن الدسكرى من هذه العلوم وبقى بعض كتاب اقليدس وكتاب الوسطى فى الحساب والكتاب البديع فى الجبر والمقابلة وغير ذلك من العلوم الرياضية مثل كتاب شجاع بن أسلم فى الجبر والمقابلة وغيره من كتب الرياضيات.

و لقد تركزت دراسة السموأل على نظرية البرهان وإرساء البراهين السابقة. فلقد حلل السموأل جميع تلك الكتب الرياضية ، وشرحها ورد على من أخطأ فيها أمثال اقليدس فى ترتيب أشكال كتابه بحيث أمكنه، تبعا لذلك، تغيير نظام أشكاله والاستغناء عن عدة منها لا يبقى إليها حاجة بعد إن كان كتاب اقليدس، فى العرف السائد، معجزًا.

من هنا عرض السموأل لعمل الكرجي، "البديع"، وشرحه ودققه وطوره فى اتجاه توسيع متعددة الحدود بمجهول واحد، واستخراج جذور متعددة الحدود بمعامل نسبية منطقة، والبرهان على النظريات غير المبرهنة، والتى تتعلق بجمع الأعداد الطبيعية الأولي، وأجذارها وكعابها. وهو التطوير الذى كان بدأ فى القرن العاشر الميلادى فى إطار الحساب بوصفه نظرية الأعداد وبوصفه لوجستيكا، كما فى إطار رفض الباحثين فى المحددات التحليلية أمثال بنى موسي، وثابت ابن قرة، وإبراهيم ابن سنان، وابن الهيثم، وغيرهم من علماء الرياضيات التحليلية، التمثيل الهندسى للعمليات الجبرية، وقد قادهم ذلك التجديد إلى البحث عن القواعد الحسابية الضرورية لتحديد الحجوم ولتوسيع تصور العدد. بعبارة أخري، كان هناك تجديدان : إما تجديد الجبر من خلال الهندسة (فن استعمال الأشكال الهندسية لعمل أجذار بعض المعادلات)، إما تطبيق الحساب فى الجبر، والمحاولات الغير المباشرة لتوسيع تصور العدد. من هنا -أى من خلال تطبيق الحساب فى الجبر، والمحاولات الغير المباشرة لتوسيع تصور العدد- ظهرت فكرة استقلال العمليات الجبرية عن التمثيل الهندسي. ثانيا، ظهر -أيضاً من خلال تطبيق الحساب فى الجبر، والمحاولات الغير المباشرة لتوسيع تصور العدد- مشروع استقلال الجبر وتفرده. وكان عمل الكرجى قد مهد لذلك الاستقلال.

و لفهم مهمة الجبريين في أثناء تلك المرحلة، ذكر رشدى راشد بأنه بعد الخوارزمي، وابن الفتح، وأبى كامل، والكرجى والخيام ، بعد هؤلاء، سلم الجبريون جميعا بأن وحدة الموضوع الجبرى تقع فى عمومية العمليات الجبرية لا فى عمومية الكائنات الجبرية، سواء أكانت تلك الكائنات أعدادا أم هندسية. كان رشدى راشد يعتقد – وما زال – أن مؤلفات عمر الخيام الرياضية هى من أهم الآثار العربية الرياضية بل هى من أهم الآثار الإنسانية الرياضية. ونشر رشدى راشد آثار الخيام الجبرية. فأحيا بهذا آثار أول من صاغ نظرية هندسية للمعادلات الجبرية وأسهم بصورة معينة فى إبداع الهندسة التحليلية بالمعنى الذى ورد فى كتاب ديكارت عن "الهندسة" فى القرن السابع عشر الميلادي.

وقد ألحت على رشدى راشد فكرة تحقيق رسائل الخيام عندما كشف لأول مرة عن أعمال شرف الدين الطوسى وأهميتها البالغة فى تاريخ الهندسة التحليلية أو تاريخ الهندسة الجبرية. فعند تحقيقه لكتاب شرف الدين الطوسى كان كثيرًا ما يعود إلى آثار الخيام لتبصر أثره ولتحديد تجديد الطوسى نفسه. وكثيرًا ما شعر رشدى راشد فى أثناء هذا العمل بحاجة ماسة لطبعة جديدة محققة لآثار الخيام تغنى عن تكرار مؤلفاته كذيول لكتاب شرف الدين الطوسي. وأسس ذلك لرؤية تاريخية للخيام ولذلك الفرع من الجبر : الهندسة التحليلية أو الهندسة الجبرية. فقبل تحقيق رشدى راشد للخيام كنا لا نعرف إلا الخيام نفسه، وكنا نجهل من تبعه ودرس ابتكاراته ومن ثم كنا لا نعرف شيئًا عن أثره فى تاريخ العلوم الجبرية. ومما زاد فكرة تحقيق آثار الخيام إلحاحًا الكشف عن نص "فى قسمة ربع الدائرة" لم ينشر محققا بعد رغم أهميته لفهم ما قصد إليه الخيام ، ولوعى مشروعه العلمى فضلا عن مخطوطات لرسالته فى الجبر لم تكن معروفة من قبل.

المقصود إذن هى العمليات الضرورية لرد أى مسألة إلى شكل المعادلة، أو إلى أحد أنواع المعادلات الخوارزمية التالية :

(1 $ax^2 = bx$
(2 $ax^2 = c$
(3 $bx = c$
(4 $ax^2 + bx = c$
(5 $ax^2 + c = bx$
(6 $bx + c = ax^2$

و قد أضاف عمر الخيام إلى هذه المعادلات، المعادلات من الدرجة الثالثة. والمقصود أيضاً هى العمليات الضرورية لرد أى مسألة إلى حلول خاصة أو ردها إلى "القوانين". الجبر إذن هو علم المعادلات، وموضوعه هو حل المعادلات الجبرية. وهذا التصور الخوارزمى طوره بعد ذلك العلماء. عرف الخيام الجبر بعد ذلك بوصفه علم المعادلات، وأسمى شرف الدين الطوسى كتابه باسم المعادلات لا باسم "الجبر". حين كشف رشدى

راشد لأول مرة ، نحو منتصف عقد الثمانينيات من القرن العشرين، النقاب عن كتاب "المعادلات" لشرف الدين الطوسي، عرف أن هذا العمل هو أهم كتاب عربى فى الجبر. ففيه يعرض الطوسى لعمل أسلافه فى نظرية المعادلات الجبرية ليزيده إحكامًا، وفيه ينضج عملهم ، وفيه يجدد الطوسى الجبر. فكان على رشدى راشد تحقيق آثار عمر الخيام التى منها بدأ الطوسى وعليها بني. فالطوسى لم يصل إلى منهج روفينى – هورنر فى الحل العددى للمعادلات الجبرية وحسب إنما حاول التأسيس النظرى لهذا المنهج نفسه. وصاغ هذه النظرية باللغة الطبيعية غير الرمزية. لذلك ترجم رشدى راشد نظرية الطوسى إلى اللغة الرمزية الحديثة، كما اقترب الطوسى نفسه فى كتاب "المعادلات"، من بدايات التحليل الرياضى ، وانتهى إلى تصورات ونتائج ، قطع مؤرخو تاريخ العلوم، من قبل دراسات رشدى راشد، أنها تنتسب إلى علماء القرن السابع عشر الأوربي. مع أن الطوسى فى كتاب "المعادلات" صاغ هذه التصورات وتلك النتائج صياغة حديثة، عدا نظام الكتابة الرمزية الحديثة.

تحددت الحدود إذن بين الجبر والحساب لأن العالم صار لا يتناول الأعداد التامة وحدها. لكن الحدود بين الجبر والهندسة لم تكن واضحة. كان برهان الخوارزمى هندسياً حين بحث عن تعيين شروط وجود جذور المعادلات التربيعية من الدرجة الثانية، وهى معادلات صورتها المعيارية أ س٢ + ب س + ح = ٠ . وانتقد خلفاء الخوارزمى البرهان الهندسى فى الجبر. ومن استعان منهم بالهندسة لعمل جذور المعادلات التكعيبية، أمثال عمر الخيام، قد عبروا عن استحالة وضع الحل الهندسى محل الحل الجبري. ومن استعان منهم بالهندسة لعمل جذور المعادلات التكعيبية، أمثال عمر الخيام، قد عبروا عن استحالة وضع الحل الهندسى محل الحل الجذرى لمعاملات المعادلة. لكن البرهان الجبرى نفسه لم يكن ممكناً من دون توسيع الحساب الجبري.

و تولى الجبريون هذه المهمة التقنية –توسيع الحساب الجبري– لحل مسألة إعادة بناء الجبر النظرية. فطبقوا الحساب على الجبر. وأدخلوا فى الجبر عمليات الحساب الأولية، بحيث تقبل هذه العمليات التطبيق فى الفسحة $]0,\alpha[$ وأدخلوا تصور العدد السالب على النحو التالى :

$$x \in]-\alpha,0] \Leftrightarrow x=-y$$

$$y \in [0,\alpha[$$

إن الطريق المقصود بوجه خاص عند الكرجي، كما كتب السموأل، هو "التصرف فى المجهولات بجميع الأدوات الحسابية كما يتصرف الحاسب فى المعلومات." وأدى ذلك إلى توحيد العرض الجبري. فقد صار

يدور على التطبيق المتتالى لمختلف العمليات الحسابية على عناصر الجبر وتعبيراته. وقد قرأ رشدى راشد كتاب "الباهر" للسموأل فى أفق الكرجى بوصفه تطويراً للكرجي.

١-٣- القوى الجبرية

حتى وقت قريب كان غالباً ما ينسب مؤرخو الرياضيات الدراسة المنظمة الأولى للقوى الجبرية إلى شوكيه *CHUQUET* وشتيفل *STIFEL*. لكن أبحاث بول لوكى حول الكاشى قد بينت أن الكاشى كان قد درس القوى الجبرية دراسة منظمة : تعريف القوى السالبة والصفرية، تعريف ضرب القوى الموجبة، والسالبـــة، والصفرية. فى كتابه "مفتاح الحساب"، صاغ الكاشى القوة a^n وقاعدتها a، معلومة أو مجهولة، و $n \in \mathrm{N}$ ونهض منهج الكاشى على تعريف حد ثابت من الصفر $a^0=1$ ، ويُكتب من جهتى الحد متتاليتان أو سلسلتان، سلسلة صاعدة $a, a^2, a^3, \ldots$ وأخرى نازلة $1/a, 1/a^2, 1/a^3, \ldots$ لصفوف ١، ٢، ٣، ...و ضرب وقسمة القوى من القاعدة نفسها ليسا سوى جمع وطرح الصفوف حسب ما تكون الحدود من الجهة نفسها من الوحدة -الانتماء إلى المتتالية نفسها- أو من جهتى الوحدة- الانتماء إلى متتاليتين مختلفتين. من هنا فقد صاغ الكاشى القاعدة المعادلة ل $a^m a^n = a^{m+n}$ لـ $m, n \in \mathbb{Z}$

مع ذلك لم يصرح الكاشى بريادته فى هذا الميدان. فقد سبقه إلى ذلك السموأل بنحو قرنين من الزمان إلى صياغة تلك القاعدة. كذلك أقام السموأل صياغته على دراسة الكرجي.

فى التقليد الرياضى العربى لم يستخدم الخوارزمى سوى x^2، ولم يستخدم بنو موسى سوى x^3. فى *METRICA DE HERON* نجد x^4 ، وأدخل ديوفنطس x^5 و x^6 حيث قواسم الكسور هى هذه الكميات نفسها والقاسم المشترك ١ . واستخدم أبو كامل (٨٥٠-٩٣٠) x^6 و x^8 وجمع القوي. وكان الكرجى على علم بعمل ديوفنطس. وحافظ الكرجي، كما ديوفنطس، على نظام جمع الحدود $x^6 = x^{3+3}$. وأراد الكرجى توسيع تصور القوة. لذلك فهو يورد المراتب التالية بطريقة لفظية:

$$
\begin{aligned}
&x\\
&x^2 = x\,x\,x\\
&x^3 = x^2 x\,x\\
&x^4 = x^3 x\,x = x^2\,x^2\\
&x^5 = x^4 x\,x = x^3\,x^2\\
&x^6 = x^5 x\,x = x^4\,x^2 = x^3\,x^3\\
&x^7 = x^6 x\,x = x^5\,x^2 = x^4\,x^3\\
&x^8 = x^7 x\,x = x^6 x^2 = x^5 x^3 = x^4\,x^4\\
&x^9 = x^8 x\,x = x^7 x^2 = x^6 x^3 = x^5\,x^4
\end{aligned}
$$

و هذه المراتب/القوى تزيد على هذا التناسب إلى ما لا نهاية.

و منذ الكَرَجى وحتى القرن السادس عشر الميلادي، على أقل تقدير، مروراً بليونار دو بيز، ولوقا باتشيوللي، وكاردان وتارتاليا وفييت، أشار النظام نفسه إلى مراتب/قوى المجهول المختلفة. وتابع الكَرَجى دراسة مراتب/قوى

$$1/x,\ 1/x^2,\ 1/x^3\ldots,$$

و هو يحدد القواعد التالية:

1) $1/X : 1/X^2 = 1/X^2 : 1/X^3 = \ldots$

2) $1/x : 1/x^2\ x^2/x = \ldots = 1/x^{n-1} : 1/x^n = x^n/x^{n-1}$

3) $1/x \,.\, 1/x = 1/x^2\ ,\ 1/x^2.1/x = 1/x^3, \ldots, 1/n \,.\, 1/x^m = 1/x^{n+m}$

4) $1/x \,.\, x^2 = x^2/x\ ,\ 1/x \,.\, x^3 = x^3/x, \ldots, 1/x^n \,.\, x^m = x^m/x^n$

$m = 1, 2, 3, \ldots\ n = 1, 2, 3\ldots$

و قد اتبع السموأل منهج الكرجى نفسه، واتبع كذلك القضيتين الثامنة عشر والتاسعة عشر من المقالة السابعة من كتاب "الأصول" لأقليدس، للتأسيس للعلاقات السابقة. وقد كان تفكيره على النحو التالى :

تقول القضية ١٩ إن $A.D = B.C \rightarrow A/B = C/D$

و بالإمكان أن نبين أن $1.x^2 = x^2 = x.x \rightarrow 1/x = x/x^2$

وتقول القضية ١٨ إن $C.A = D; C.B = E \rightarrow D/E = A/B$

$\therefore$: $1/x^k = x/x^{k+1}$ لـ $k = 1,2,3\ldots$

ولا بد من التذكير بأن السموأل يحد x^n حداً استقرائياً $x^n = x^{n-1}x$ لِـ $n = 1, 2, 3\ldots$

و لِـ $x = 1$ لدينا $x^k = x^{k+1} = 1$ لِـ $k = 1, 2, 3,\ldots$ تسمى x ضلعاً من x^k لِـ $k > 3$ وجذر فقط لِـ $k = 2$.

و فى أفق الكرجى أيضاً، بحث السموأل عن توسيع تصور القوة الجبرية لكمية لمعكوسها، وفى أثناء هذا التوسيع نفسه، عبر السمؤأل، للمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات وفلسفتها، عن قاعدة الضرب وقسمة القوى

الجبرية بوجه عام. وبعد أن حدد القوة الصفرية بواسطة $x^0 = 1$ لـ$x \neq 0$ وكان بإمكانه أن يصوغ القاعدة المعادلة لـ $x^n x^n = x^{m+n}$ لكل $m, n \in \mathbb{Z}$

و لضرب قوتين جبريتين، جمع القوتين بوضوح. وقد استغل التناظر بين مجموعة (، +) وزمرة $(\mathbb{Z},+)$ وزمرة $(\{x^n; \mathbb{Z}\},x) \in$

كيف أدرك تصور القوة الموجبة والقوة السالبة حيث تتحدد القوة الجبرية بصفها وحسب وانطلاقا من حد صفه صفر؟ بواسطة منهج الجداول. وهو المنهج الذى لم يستخدمه الكرجي. أما السموأل فقد وضع على جانبى x^0 المتواليات $x, x^2, \ldots; 1/x, 1/x^2, \ldots$ وحسابه $x^n \frac{1}{x^{n'}} n, n' \in \mathbb{Z}x$ يقوم تقريبا على حساب الجدول بدءاً من الصف n', n' صفوف فى اتجاه الوحدة. وفى حال قسمة $x^{n'}$ $x^{n'}$ لا بد من حساب n' صفاً لكن فى الاتجاه المعاكس للوحدة. هذه القاعدة الحسابية تعنى مقاربة القوى فى صورة $1/x^{n'}$ بوصفها $x^{-n'}$ وجمع جبرياً القوى لإيجاد $x^n x^{n'}; n, n \in \mathbb{Z}$

وهذه هى القاعدة التى صاغها السموأل للمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات. وليس من شك فى أن ديوفنطس قد ضرب القوى وقسمها، لكنه لم يصغ القواعد الضابطة لضرب القوى وقسمتها. فى المقابل هناك تشابه بين منهج السموأل ولغته ومنهج الكاشى ولغته فى "مفتاح الحساب"، من جهة، وبين منهج السموأل ولغته ومنهج شتيفل وشوبيل ولغتهما فى ضرب القوى وقسمتها، فى القرن السادس عشر الميلادي، من جهة أخري. كذلك تركز منهج السموأل ولغته على نفى الثقة بالتجربة والتمثيل الجزئى فى المسائل العددية والحسابية لأن كثيرًا من القضايا يظن بها أنها كلية ولا تصدُق إلا فى أمثلة جزئية ، مثل قولنا: كل عددين فإن الفضل بين مربعيهما مساوٍ لثلاثة أمثال مربع أصغرهما. فإذا افترضنا العددين اثنين وأربعة أو ثلاثة وستة أو أربعة وثمانية أو خمسة وعشرة وُجد هذا الحكم فيهما ، وليس يصدق فى الاثنين والثلاثة ولا فى الثلاثة والأربعة ولا فى الخمسة والسبعة. وتفتقر هذه القضية إلى شريطة زائدة حتى تصير صادقة ، فيصير : كل عددين يكون أحدهما مثل الآخر فإن الفضل بين مربعيهما ثلاثة أمثال مربع أصغرهما. وإذا كان التمثيل لا يفيد يقيناً ولا يوقف على علة صحة القضية الصادقة ولا علة بطلان الكاذبة ، فينبغى أن لا نثق إلا بالبراهين العقلية . فبرهن السموأل على صحة ما قاله الكرجى برهاناً عدديًا تارة وبرهانا هندسياً تارة أخرى.

من هنا توسل السموأل بالبرهان الهندسي، والبرهان الجبري، وطبق القاعدة :

$$a/(b\,c) = a/(b/c)$$

و قام منهج السموأل على بيان توزيعية الضرب بالنسبة للجمع. وهو هنا استعاد قواعد الكرجي، وربما كانت تلك القواعد معروفة قبل صياغة الكرجى لها والبرهان عليها.

ثانيا : مخطوطات شرف الدين المظفر

(أو أبو المظفر) بن محمد بن المظفر الطوسي

أو صياغة نظرية رياضية كاملة للتأسيس لمنهج روفينى – هورنر

سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب، وفى سياق الكلام على المعادلات العددية، وحل المعادلات العددية والجبر (أولاً)، شرف الدين الطوسى ، فيات ، الحساب العددى (١)، إلى البدء الشائع بالعالم المعروف فيات (*Viète*). أما هاريوت (*Th. Harriot*) ، واوجتريد (*W.Oughtred*) ودوشال (*C.F. Dechales*) ، وبيــل (*Pell*) وغيرهم فقد حسنوا الطريقة بصورة أو أخرى. ودرسها نيوتن (*Newton*) بعد ذلك. وعُدّلها رافسون (*J. Raphson*) وما زالت تعرض اسم نيوتن وحده دون سواه. وسعى كل من لاجرونج (*Lagrange*) وموارى (*J.R. Mouraille*) وفورييه (*Fourier*) إلى دراسة مشكلاتها. ووسّع روفينى (*Ruffini) (3181)* وهورنر *(9181) (Horner)* بشكل مستقل أبحاث فيات ونيوتن، وقد اقترحا خوارزمية أكثر عملية لاستخراج جذر معادلة عددية من أية درجة كانت.

إن مؤرخين للرياضيات أمثال مونتوكلا (*Montucla*) وهنكل (*Hankel*) وكانتور (*Contor*) وفيــلايتنر (*Wieleitner*) وكاجورى (*Cajori*) وترويفك (*Ttropfke*) ... اعترفوا جميعهم بأسبقية فيات ، وعرضوا لتعديل نيوتن ، واستطاع البعض منهم وصف التحسين الذى أدخله بعد ذلك روفينى وهورنر. ومنذ بداية القرن التاسع عشر الميلادي، اعتمد لاجرونج الصورة نفسها. فقد كتب يقول إن فيات هو أول من درس حل المعادلات من أية درجة كانت. فقد بيّن كيف يمكن حلّ عدّة معادلات من هذا النوع بعمليات مماثلة لتلك التى تستخدم فى استخراج جذور الأعداد. وقد سعى هاريوت واوغتريد وبيل ... الخ إلى تسهيل تطبيق هذه الطريقة بتحديد قواعد خاصة لإنقاص عدد تكرار التجريب حسب الحالات المختلفة ، والتى تتم بحسب علامات حدود المعادلات. لكن كثرة العمليات التى تتطلبها وعدم التيقن من نجاحها فى عدد كبير من الحالات دفعته لأن يهملها إهمالاً نهائيًا. وكتب لاجرونج قائلا : "وقد تبعت طريقة فيات طريقة نيوتن التى ليست فى الحقيقة سوى طريقة للتقريب".

و كتب مونتوكلا يقول القول نفسه إنه من بين الاكتشافات التحليلية البحتة لفيات لابد أن نصف طريقته العامة فى حل المعادلات التى تطول كافة درجاتها ، إذ لم يتصدَّ أحد قبله لموضوع على هذه الدرجة من الاتساع. فمن تأمله فى طبيعة المعادلات العادية ، لاحظ فيات أنها ليست سوى قوى غير تامة ، وأدرك فكرة أنه بالطريقة نفسها التى تُستخرج بواسطتها جذور القوى الغير التامة بالتقريب إلى أعداد، بالإمكان استخراج جذر المعادلات ، مما يعطينا واحدة من قيم المجهول. من هنا فقد اقترح قواعد لهذه الغاية، شبيهة بتلك التى تستخدم لاستخراج جذر القوة التامة ويمكن استخدامها بسهولة فى المعادلات التكعيبية. ولقد وسعها هاريوت لتوسيعها ونجدها مشروحة عند اوجتريد ووالّيس (*Wallis*) وفى جبرم .•دولانيى (*M. De Lagni*)، حتى أن والّيس استخدمها فى حلّ المعادلة من الدرجة الرابعة ودفع تقريبه حتى العُشْر الحادى عشر. أما الآن فلدينا طرق للتقريب أكثر مناسبة.

تلك كانت الصورة التاريخية والتحليلية لمسألة الانطلاق من فيات للتأريخ للمعادلات العددية. وقد احتل كل من روفّينى وهورنر وغيرهما من رياضيى الغرب فيما بعد مكانهما فى أعمال يونج (*Young*) وبيرنسيد (*Burnside*) وويتاكر (*Whittaker*) وروبنسون (*Robinson*) وغيرهم.

أعاد القرن العشرون من خلال أبحاث كل من سيديللو (*Séddilot*) وويبكه (*Woepcke*)، قراءة هذه الصورة التقليديـــة. فبدراستهما للفلكّيين والرياضيـــّين الـــعـــرب فى ضوء الجداول الفلكية لـــ أولج بيج (*Olg-Beg*) برهنا على طرق تقريب لحل المعادلات العددية ، وكانت هذه الطرق متعددة ومتقدمة. كذلك برهنا أنها كانت الطريقة الأولى للتقريب العددى المتتالى فى تاريخ الرياضيات بعامة. من هنا ألقى اكتشاف سيديللو ويبكه ظلا من الشك حول الرواية التقليدية لتاريخ مسألة المعادلات العددية. ومع ذلك كان هذا الشك، بالنسبة إلى رشدى راشد، ضمنيًا، لأن نص الرياضى شلبى لا يحوى دراسة منهجية لمسألة المعادلات العددية، بل احتوى نص الرياضى شلبى على حالة خاصة عن حساب القيمة التقريبية لجيب ١° ($sin1°$). ربما لهذا السبب مرّت أبحاث سيديللو وويبكه مر الكرام. لكن هذا الرياضى يذكر الكاشى كأستاذه الجبرى من القرن الخامس عشر الميلادي. انصرف كل الانتباه إلى الكاشي. فى عام ١٨٦٤، أشار هنكل ، من دون أن يتمكن من تأسيس حدسه، بأهمية الكاشى فى تاريخ مسألة المعادلات العددية. وكان تيتلر (*J. Tytler*) قبل هنكل، بنصف قرن، قد نوّه بالأهمية نفسها.

مخطوطات الطوسى ، الصياغة النظرية الرياضية ، التأسيس لمنهج روفينى – هورنر الحديث

حين كشف رشدى راشد لأول مرة ، نحو منتصف عقد الثمانينيات من القرن العشرين، النقاب عن كتاب "المعادلات" لشرف الدين الطوسي، رأى فيه أهم كتاب عربى فى الجبر[٢] . ففيه ضبط شرف الدين الطوسى

بحث أسلافه فى نظرية المعادلات الجبرية، وفيه طور عملهم ، وفيه جدد شرف الدين الطوسى الجبر. فكان على رشدى راشد تحقيق آثار عمر الخيام التى كانت أساس بحث شرف الدين الطوسي. فشرف الدين الطوسى لم يصل إلى منهج روفينى – هورنر فى الحل العددى للمعادلات الجبرية وحسب إنما حاول التأسيس النظرى لمنهج روفينى – هورنر فى الحل العددى للمعادلات الجبرية نفسه. وصاغ شرف الدين الطوسى التأسيس النظرى لمنهج روفينى – هورنر فى الحل العددى للمعادلات الجبرية نفسه باللغة الطبيعية غير الرمزية. لذلك ترجم رشدى راشد تأسيس شرف الدين الطوسى النظرى لمنهج روفينى – هورنر فى الحل العددى للمعادلات الجبرية نفسه إلى اللغة الرمزية الحديثة. اقترب شرف الدين الطوسى فى كتاب "المعادلات"، من بدايات التحليل الرياضي. وانتهى إلى تصورات ونتائج تنسب إلى علماء القرن السابع عشر الأوربي.

٢-١- خلفاء الطوسي

أما نص كتاب "المعادلات" للطوسى فهو مخطوط من القرن السابع الهجرى نُسب إلى مجهول. وصار ضروريا إعادة التأريخ لبعض فصول الرياضيات، ومن بينها : منهج روفينى – هورنر، مشتق متعددة الحدود واستعماله له فى تحديد النهايات العظمى وحسابها ، ومميز معادلة الدرجة الثالثة واستعماله له فى مناقشة وجود الحل، وفصول مما سُمى فيما بعد بالهندسة التحليلية، وغيرها من النتائج التى يردها المؤرخون حتى اليوم إلى علماء القرن السابع عشر الأوروبي.

لكن إخراج كتاب "المعادلات" لشرف الدين الطوسى كشف النقاب عن أسلاف الطوسى ولا سيما الخيام ، فلقد ظن مؤرخو الرياضيات العربية أن النظرية الهندسية للمعادلات الجبرية التى صاغها الخيام لأول مرة تعطلت بعده حتى القرن السابع عشر الأوروبى ، وتحكمت فى رؤية المؤرخين فكرتان : الأولى أن عمل الخيام لم يؤثر قط فى تاريخ العلوم الجبرية ، والثانية أن "هندسة" ديكارت هى التى جددت ميدان العلوم الجبرية.

٢-٢ سيرة شرف الدين الطوسى وأعماله

هو شرف الدين المظفر (أو أبو المظفر) بن محمد بن المظفر الطوسي. وهو من طوس بخراسان. وتردُّد على طوس نفسها. واحتفظ بجزء من كتبه فيها. وأقام فى الموصل – قبل ١٩ من ربيع الأول سنة ٥٧٦ هـ أى ٢١ أغسطس سنة ١١٨٠ م– وحلب ودمشق. ومرّ بهمذان. إن أبا الفضل بن يامين المتوفى سنة ٦٠٤ هجرية (١٢٠٧م) قرأ على شرف الطوسى عند وروده إلى حلب ، وكان شرف رياضياً وحكيماً. وكان أبو الفضل الحارثى المتوفى ٥٩٩ هـ – ١٢٠٢ م قد أورد أن شرف الطوسى جاء إلى دمشق فى ذلك الوقت،

وكان مهندساً ورياضياً. كان كمال الدين بن يونس من تلاميذ الطوسي، وقد حل عليه كتاب "الأصول" لإقليدس و"المجسطي" لبطلميوس. ورأى تاج الدين السبكى بخط كمال الدين بن يونس على الجزء الأول من كتاب "الأصول" لإقليدس، إصلاح ثابت بن قرة، وأن كمال الدين بن يونس قرأ على شرف الدين أبى المظفر، بعد عودته من طوس، هذا الجزء ، وكان كمال الدين بن يونس حَلّه عليه نفسه مع كتاب "المجسطي" ، وشيء من المخروطات، واستنجزه كمال الدين بن يونس ما كان وعده به من كتاب "الشكوك" ، فأحضره واستنسخه كمال الدين بن يونس، وكتبه موسى بن يونس بن محمد ابن منعة، فى ١٩ ربيع الأول سنة ٥٧٦ هجرية. وتلاميذ الطوسى أمثال كمال الدين بن يونس وموسى بن يونس بن محمد ابن منعة هم من أبناء النصف الثانى من القرن السادس الهجرى (النصف الثانى من القرن الثانى عشر الميلادى على وجه التقريب). وقد رحلوا جميعًا فى أواخر القرن السادس أو أوائل القرن السابع . ويُستثنى منهم كمال الدين بن يونس الذى كان أصغر تلاميذ الطوسى سنًا وأشهرهم. وكان كمال الدين بن يونس نفسه فى الخامسة والعشرين من عمره ، مما يفسر قراءته على الطوسي. كان الطوسي، إذن، رياضيًا مشهورا فى العقد الثامن من القرن السادس الهجري. ولم يبحث الطوسى فى الجبر والحساب وحسب إنما بحث فى علم الهيئة والفلسفة.

لكن بعد العقد الثامن من القرن السادس الهجرى اختفت آثار الطوسى من كتب المؤرخين القدماء. وظل الخطأ –الذى صححه رشدى راشد– أن الطوسى كان على قيد الحياة سنة ٦٠٦ للهجرة (١٢٠٩م). ويرجع هذا الوهم –بحسب تصحيح رشدى راشد– إلى خطأ أحد النساخ. فأخبار شرف الطوسى كلها ترجع إلى ما قبل نهاية القرن السادس الهجري، فهو من أبناء النصف الثانى من القرن السادس الهجري، بلغ أوج نشاطه فى العقد الثامن من القرن السادس الهجري. ففى هذه الفترة تقريبا وضع الطوسى كتبه ورسائله المعروفة فى الرياضيات ، باستثناء رسالته المشهورة فى "الأسطرلاب الخطي" أو ما سُمى "بعصا الطوسي". وأهم ما ألف الطوسى فى الرياضيات : رسالة "فى المعادلات"، ورسالة "فى الخطين اللذين يقربان ولا يلتقيان" ورسالة فى "عمل مسألة هندسية". ولم تذكر كتب المؤلفين والطبقات رسالة المعادلات لشرف الدين الطوسى كما لم تذكر كتب المؤلفين والطبقات رسائل الطوسى الأخرى ، ولم تشر كتب المؤلفين والطبقات إليها إلا فى مؤلفات الرياضيين وكتبهم ، ففى "رسالة نور الدلالة فى علم الجبر والمقابلة" للخلاطي، قرأ رشدى راشد أن المسائل الجبرية تنتهى إلى ٢٥ بمعادلة الكعاب وهو ما أظهره شرف الدين الطوسي، إلا أنه لم يذكر فيه من الفروع والمسائل التى تقع فى تلك الأصول. ويرسم وصف الخلاطى خطة كتاب الطوسى فى المعادلات. أما النص الثانى الذى يشير مؤلفه فيه إلى الطوسى فهو رسالة "نصاب الجبر فى حساب الجبر" لإسماعيل الماردينى المعروف بابن فلوس ، ويقول فيه، بعد الكلام على معادلات الدرجة الأولى والثانية، إن مسائل الجبر لا تنحصر فى المسائل الست الواردة عند الطوسي. ثم بعد أن عدد معادلات الدرجة الثالثة وزادها على

المعادلات الأولى، كتب قائلا إن ٢٥ مسألة، بعضها بالإمكان إخراجه بتلك المسائل الست المعروفة، والمسائل التى ليس بالإمكان إخراجها بها لابد فيها من طريقة عمر الخيام القادمة من مقالات ديوفنطس أو منهج الطوسى فى وضع الجداول. ليس بالإمكان استخراج المسائل إلا بالبراهين الهندسية الواردة عند عمر الخيام ، أو بمنهج شرف الدين الطوسى فى وضع الجداول.

من هنا كان كتاب "المعادلات" للطوسى معروفًا لدى علماء القرن السابع الهجري. وكانت "طريقة الجدول" -الحل العددى للمعادلات بمنهج روفينى – هورنر– تنتسب إلى شرف الدين الطوسي.

إلا أن هذه الرسالة لم تصل إلى الباحث بقلم الطوسى نفسه ولكن بعد أن "لخصها" مجهول. فقد قال المجهول فى صدر كتاب "المعادلات" إنه قصد فى هذا الكتاب –كتاب "المعادلات" – تلخيص "صناعة الجبر والمقابلة" وتهذيب ما وصل إليه من كلام الفيلسوف شرف الدين المظفر بن محمد الطوسي. وأسقط الجداول التى رسمها شرف الدين المظفر بن محمد الطوسى فى عمل الحساب واستنباط المسائل. وجمع "المجهول" بين العمل والبرهان، وسماه "بالمعادلات." وألف الطوسى رسالة أخرى تحت عنوان "فى الخطين اللذين يقربان ولا يلتقيان". وليس من شك فى أن رسالة "فى الخطين اللذين يقربان ولا يلتقيان" ورسالة "المعادلات"– يتضمنان الأشكال نفسها الرياضية بل اللغة نفسها فى أغلب المواضع. وقد نقل هذا المجهول لرسالة الطوسى نهاية القرن السابع الهجرى – القرن الثالث عشر الميلادى –. عبّر كتاب "المعادلات" عن تلك الخطوة النظرية التى انتهت بميلاد فصل جديد بين الجبر والهندسة ، اسمه "المعادلات الجبرية".

٣ -٢ نظرية شرف الدين الطوسى فى المعادلات

تمثل دراسة نظرية المعادلات الجبرية احدى أهم فصول الرياضيات الكلاسيكية. إن أول من صاغ نظرية لمعادلات الدرجة الأولى والدرجة الثانية هو محمد بن موسى الخوارزمى فى كتابه المختصر فى حساب الجبر والمقابلة، كما أشرنا لذلك فى الفصل الأول من هذا الباب. ومن المعروف أن البابليين قد درسوا خمسة وعشرين قرنًا قبل الخوارزمى مسائل من الدرجة الأولى والثانية ، ومن المعروف أيضًا أن كتاب "الأصول" لإقليدس يحتوى على أعمال هندسية لمسائل من الدرجة الثانية ، أرجعها الرياضيون العرب لأول مرة – مثل ثابت بن قرة – إلى معادلات جبرية ، ومن المعروف كذلك أن ديوفنطس الإسكندرانى فى كتابه عن المسائل العددية قد بحث فى المسائل من الدرجة الثانية العديدة ، بل من درجات أعلى ، تصل إلى التاسعة ، ومع ذلك لم يسبق أحد الخوارزمى فى تصور علم جديد ، أى الجبر، اقتضى تأسيسه هدم الاقتصار على لوغريتميات الحلول كالبابليين، وعلى العمل الهندسى الصرف للمسائل كإقليدس ، وعلى الحل العددى للمعادلات كديوفنطس ، بل اقتضى بناء الجبر كعلم، وصياغة الخوارزمى نظرية المعادلات.

أما خلفاء الخوارزمى ، فلقد اتجهوا جهة تطوير الحساب الجبرى المجرد ، وقد أدى هذا الاتجاه إلى خلق جبر متعددات الحدود، وخف الاهتمام بنظرية المعادلات الجبرية فى نفسها. وبين كتاب "الفخري" للكرجي، تمثيلا لا حصرا، أن نظرية المعادلات الجبرية عادت لا تحتل مكان الصدارة . فمن المعروف أن الجبريين من أمثال سنان بن الفتح والكرجى درسوا معادلات الدرجة الثانية بصورة عامة. ومما لم يكن معروفًا من قبل أن الجبريين من خلفاء الكرجى حاولوا حل معادلة الدرجة الثالثة بطريقة جبرية ، فعادة ما كانت تُنسب مثل هذه المحاولات إلى الرياضيين الإيطاليين من القرن الرابع عشر الميلادي.

و شرح أبو الحسن على أبو المسلّم بن محمد على بن الفتح السُلّمى اهتمام الرياضيين بالحل الجبرى لمعدالة الدرجة الثالثة وتوقفهم دونه. وبالنظر إلى ما ذكره أبو الحسن على أبو المسلّم بن محمد على بن الفتح السُلّمي، يتبين لرشدى راشد أن ذلك النوعين من المعادلات هما :

$$x^3 + ax^2 + bx = c \qquad\qquad x^3 + bx = ax^2 + c$$

ويسلم السُلمى أن $a^2 = 3b$ ، ثم يستخرج جذرًا موجبًا لكل واحدة من المعادلتين :

$$x = (\frac{a^3}{27} + c)^{\frac{1}{3}} - \frac{a}{3} \qquad\qquad x = (c - \frac{a^3}{27})^{\frac{1}{3}} + \frac{a}{3}$$

ومن ثم فأبو الحسن على أبو المسلّم بن محمد على بن الفتح السُلّمى يرجع المسألة – باستعمال تحويل أفينى – إلى "الصورة المرجعية". ولكن بدلاً من محاولة تحديد "المميز" ، فإنه يعادل معامل المجهول ذى القوة الأولى صفرًا ، وذلك ليردّ المسألة إلى استخراج جذر تكعيبي. فهو يلجأ فى المعادلة الأولى من الاثنتين السابقتين إلى التحويل الأفينى :

$$x \to y - \frac{a}{3},$$

ومن ثم ترجع المعادلة إلى معادلة من الصورة :

$$y^3 + py - q = 0$$

مع $p = b - \frac{a^2}{3}, q = c + \frac{a^3}{27} + (b\frac{a}{3} - \frac{a^3}{9})$ ، فإذا فرضنا $b = \frac{a^2}{3}$ $\therefore \; y3 = c + \frac{a^3}{27},$ ومنه قيمة x .

هذه هى أهم الاتجاهات فى نظرية المعادلات فى الجبر الحسابي. وأصبحت نظرية المعادلات فى الجبر الحسابى هى احدى فصول ذلك الجبر. وبدأ الرياضيون المسلمون بإنشاء علاقات جديدة بين الجبر والهندسة.

ففى القرن الرابع الهجرى (القرن العاشر الميلادي) بخاصة ترجم رياضيون عدة مسائل مجسمة التى لا يمكن عملها بالمسطرة والفرجار بلغة الجبر، لأول مرة فى تاريخ الرياضيات ، وترجمت مسألة تقسيم الزاوية ثلاثة أقسام ، ومسألة إيجاد خطين بين خطين لتتوالى الأربعة متناسبة ، وعمل المسبع فى الدائرة ، تمثيلا لا حصرا، إلى لغة الجبر ، أى تُرجمت إلى معادلات جبرية. ولم يكتف الرياضيون بترجمة تلك المسائل اليونانية بلغة الجبر بل أضافوا إليها مسائل أخرى من النوع نفسه وجدها علماء الهيئة ، مثل تحديد أوتار بعض الزوايا لعمل جداول الجيوب، ومن بين من شاركوا فى هذا الاتجاه : الماهانى ؛ والخازن ، والبيروني، وأبو نصر بن عراق.

ومن جهة أخرى حل الرياضيون المعادلات من الدرجة الثالثة بطريق غير الطريق الجبرى ، إذ لجئوا إلى ترجمة المعادلات الجبرية إلى لغة الهندسة ، وذلك حتى يمكنهم استعمال القطوع المخروطية وتقاطعها لحل تلك المعادلات. فلقد كانت هذه الوسيلة معروفة منذ الرياضيات الهلينسنية وبعدها فى الرياضيات العربية عند القوهى وابن الهيثم، تمثيلا لا حصرا، لمعالجة المسائل المجسمة من دون المعادلات. وبدأ بعض المهندسين من أمثال أبى الجود بن الليث استعمالها لحل معادلة أو أخرى من معادلات الدرجة الثالثة.

ولعل أول صياغة نظرية حقيقية لهاتين الترجمتين -الترجمة الجبرية لمسائل الهندسة، والترجمة الهندسية للمعادلات الجبرية- ، أو لتك العلاقات الجديدة بين الجبر والهندسة ، أو لهذا الجدل بين الجبر والهندسة الذى هو لب الرياضيات الكلاسيكية منذ بدايتها فى القرن الرابع الهجرى (القرن العاشر الميلادي) تقريبًا ، هى صياغة أبى الفتح عمر الخيام .

قصد الخيام – على نقيض أسلافه – تجاوز المعالجة الجزئية إلى الصياغة النظرية. فهو لم يعالج هذه المسألة أو تلك كما حل أبو الجود بن الليث معادلة أو أخرى من معادلات الدرجة الثالثة. ولكن الخيام قصد تأسيس نظرية المعادلات من جديد. فليس لواحد من أسلاف الخيام، فى تعديد أصناف المعادلات وتحصيل أنواع كل صنف منها والبرهان عليها كلام يعتدّ به إلا صنفان ذكرهما الخيام. كان شديد الحرص على تحقيق جميع أصنافها وتمييز الممكن من الممتنع فى أنواع كل صنف ببراهين بسبب الحاجة إليها فى مشكلات المسائل. إن النظرية الجديدة هى نظرية للمعادلات الجبرية من الدرجات الثلاث الأولى، يدرس فيها العمل الهندسى لتحديد الجذور الموجبة. ولصياغة هذه النظرية، تصور الخيام العلاقة بين الجبر والهندسة بصورة جديدة. ولعل أهم تصور لتحديد تلك العلاقات هو تصور "وحدة القياس" . فلقد عرّفها الخيام فى إطار تصور "البعد"، مما أدى إلى تطبيق الهندسة على الجبر ، وصياغة أول نظرية هندسية للمعادلات الجبرية. وعلى نقيض الجبريين الحسابيين فى عصر الخيام، لا يعرض الخيام لأى فصل من تلك الفصول التى كان يتضمنها كل كتاب فى الجبر ، بل تلك التى كانت تحتل مكان الصدارة فى رسائل الجبر ، مثل دراسة القوى الجبرية،

ومتعددات الحدود والأعداد الصم الجبرية. صار الجبر نظرية فى المعادلات. وصار الجبر علم المعادلات الجبرية. وعرض الخيام لمفهوم العِظَم الجبرى ليعرف مفهوم وحدة القياس، ثم للمعادلات اللازمة، ولتصنيف معادلات الدرجات الثلاث الأول ، ثم للنظر إلى المعادلات ذات الحدين من الدرجتين الثانية، ثم إلى ذات الحدود الثلاثة من الدرجتين الثانية والثالثة ، ثم إلى ذات الحدود الأربعة من الدرجة الثالثة، ثم إلى تلك التى تتضمن عكس المجهول.وانتهى الخيام إلى فئتين من النتائج المهمة فى تاريخ الجبر، تنسبان إلى رنيه ديكارت:

١- الحل العام لكل معادلات الدرجة الثالثة ، باللجوء إلى تقاطع مخروطين؛

٢- صار الحساب الهندسى ممكنًا نتيجة لتعريف "الوحدة" فى كل بُعد من الأبعاد الثلاثة : الطول والسطح والجسم.

فلقد اجتهد الخيام فى الحل العددى لمعادلة الدرجة الثالثة. ووصل الخيام إلى حل عددى تقريبى باستعمال جداول حساب المثلثات. وذلك فى النصف الأول من القرن الخامس الهجري. ولقد ظن عدد من المؤرخين أن مساهمة الرياضيين العرب فى نظرية المعادلات لا تتجاوز حدود إسهام الخيام. وعلى هذا فلم يلبث الطريق الذى بدأه الخيام أن انقطع. ولقد اعتقد رشدى راشد أن مساهمة الرياضيين العرب فى نظرية المعادلات تجاوزت حدود إسهام الخيام. وعلى هذا فلم يلبث الطريق الذى بدأه الخيام أن اتصل فى بحوث شرف الدين الطوسي، وشرف الدين المسعودى الذى ألف كتابًا فى نظرية المعادلات ، يتضمن معادلات الدرجة الثالثة ، وشهد بهذا كمال الدين الفارسى ومن تبعه مثل جمشيد الكاشى واليزدى وغيرهم. وقال كمال الدين الفارسى إنه لم يُنقل من الأولين إلا مسائل ست ، ولا من المتأخرين إلا شرف الدين المسعودى ، فقد نُقل أنه بيّن استخراج الشيء فى تسع عشرة مسألة غير المسائل الست. وأورد كمال الدين الفارسى أن الإمام شرف الدين المسعودى استخرج تسع عشرة مسألة غير المسائل الست المشهورة ، وبين كيفية استخراج المجهول منها. واستخرج شرف الدين المسعودى تسع عشرة مسألة غير المسائل الست المذكورة وبيّن كيفية استخراج المجهول منها. ومن المعروف أن شرف الدين المسعودى من تلاميذ الخيام، فهو من الجيل السابق على جيل الطوسي. من هنا قطع رشدى راشد باهتمام رياضيى القرن السادس ، من خلفاء الخيام ، بنظرية المعادلات فى فترة اشتهار الطوسى أو قبلها، بعد الخيام مباشرة.

افتتح شرف الدين الطوسى رسالته بدراسة القطوع المخروطية الضرورية. فدرس القطع المكافئ والقطع الزائد وصاغ معادلة كل منهما بحسب محاور معينة. ثم عرض لبعض الأعمال الهندسية التى يلجأ فى حلها إلى تلك المعادلات . وافترض الطوسى فى رسالته معرفة القارى بمعادلة الدائرة. بعد ذلك صنف المعادلات من الدرجات الثلاث الأول. ولم يبن الطوسى معيارًا داخليًا لهذا التصنيف بل شيد معيارًا خارجيًا. لم يقتصر

-كما اقتصر الخيام من قبله- بدرجة متعدد الحدود المقترن بالمعادلة ، ولا بعدد الحدود التى يتضمنها متعدد الحدود ، بل أخذ بوجود أو عدم وجود الجذور الموجبة، وهى الجذور المعترف بها فى تلك الفترة. من هنا فرقت مشكلة "الوجود" بين الطوسى وبين عمر الخيام. وقارب الطوسى فى الجزء الأول حل عشرين معادلة. وعند دراسة كل منها يعمل الطوسى كالخيام من قبل العمل الهندسى للجذر ، وهذا بتقاطع قطعى مخروط أو تقاطع قطع مخروط ودائرة. ولم يبحث الطوسى عن الحل الجبرى ولا عن معادلات الدرجة الثانية وحسب، ولم ينس أن يبحث عن العلاقة بين الجذور والمعادلات لمعادلة الدرجة الثانية ذات الجذرين الموجبين. ولقد درس الطوسى كذلك المعادلات التى يمتنع إرجاعها إلى معادلات أخرى من بين تلك العشرين معادلة ، ودرس الحل العددى لكل منها ، واستثنى من ذلك الحل العددى للمعادلات المفردة، أى باستخراج الجذر التربيعى والجذر التكعيبي. وللوصول إلى ذلك الحل العددى لمعادلات الدرجة الثانية والثالثة لم يعمم الطوسى منهج روفينى – هورنر لاستخراج جذور الأعداد على استخراج جذور المعادلات وحسب ، بل صاغ نظرية رياضية كاملة للتأسيس النظرى لمنهج روفينى – هورنر. ومع ما تضمنته نظرية الخيام الرياضية من أخطاء – فالمسألة لا تقبل الحلّ العام حتى اليوم- فإنها أدت إلى بحث عميق فى متعددات الحدود. وهدف شرف الدين الطوسى فى نظريته هو بيان أسس تحديد أرقام الجذر الموجب للمعادلة ، أو أكبر جذر موجب إن كان هناك أكثر من واحد. وتبدأ المسألة عند تحديد الرقم الأول من الجذر. وفكرة الطوسى هى التالية : فبدلاً من اللجوء إلى كل الحدود ، علينا استعمال عدد محدود منها ، ومن ثم محاولة التعرف على "متعدد حدود مهيمن". أما تحديد الأرقام الأخرى فيقوم على استعمال "مشتق" متعدد الحدود.

وهكذا بعد أن درس معادلات الدرجة الأولى والثانية ومعادلة $x^3 = c$، يعالج الطوسى سبع معادلات من الدرجة الثالثة لكل منها جذر موجب. أما جذورها السلبية فمهملة. فهو كمعاصريه وكخلفائه لا يقر بوجود جذور سلبية. ولدراسة معادلات الدرجة الأولى والثانية ومعادلة $x^3 = c$ ، يختار الطوسى قطعين مخروطين أو بصورة عامة مُنحنيين من الدرجة الثانية. وبين الطوسى بعد ذلك الخصائص الهندسية لتلك المنحنيات، وأنها تتقاطع على نقطة يحقق إحداثيّها السينى المعادلة. ولجأ الطوسى إلى معادلات المنحنيات من جهة ، وكذلك لاتصال المنحنيات وتقعيرها.

وينتهى هذا الجزء بدراسة المعادلة ذات المعاملات الموجبة :

$$x^3 + bx = ax^2 + c$$

وهى ذات ثلاثة جذور موجبة. وهنا يتبع الطوسى الخيام ، ولا يستخرج إلا جذرًا واحدًا. وقراءة الجزء الأول من رسالة الطوسى تدل على عمل الجذور الموجبة للعشرين معادلة الأولي، والتى أرجع إليها ما تبقى من المعادلات بالتحويلات الأفينية. ففى عمل الجذور الموجبة للعشرين معادلة الأولي، تابع الطوسى الخيام فى

إغناء هذا الفصل الجديد فى عمل الجذور أو بنائها، إلا أنه – على نقيض الخيام – يحرص على البرهان على وجود نقط التقاطع من جهة ، ويدخل من جهة أخرى مفاهيم عدة – مثل التحويلات الأفينية ، أو بُعد نقطة عن خط – مما له أهمية خاصة فى الجزء الثانى من كتاب الطوسي.

وفى الجزء الثانى والأخير من كتاب الطوسى عن المعادلات، قارب الطوسى المعادلات الخمس الباقية والتى قد لا يكون لها أى جذر موجب وهى :

$$x^3 + c = ax^2 ,\ x^3 + c = bc ,\ x^3 + ax^2 + c = bx ,$$

$$x^3 + bx + c = ax^2 ,\ x^3 + c = ax^2 + bx.$$

وعلى نقيض الخيام ، كان من واجب الطوسى – لاهتمامه بالبرهان على وجود الجذور الموجبة – أن يبحث عن أسباب اختفائها وعلة ذلك. ولقد أدت هذه النظرة الجديدة إلى تغيير المشروع العلمى نفسه واكتشاف وسائل تحليلية لمقاربة المعادلات. وقد لخص رشدى راشد فى اللغة الرياضية الحديثة دراسة الطوسى للمعادلة:

$$ax^2 = x^3 + c$$

وقد أعاد رشدى راشد كتابتها على الصورة التالية :

$$(1)\ c=x^2(a-x)$$

وافترض :

$$(2)\ f(x)=x^2(a-x)$$

وعدد الطوسى الحالات التالية :

$c > 4\ a^3 / 27$ فاستحالت المسألة عند الطوسي، أى أنها لها جذراً سالباً.

$c = 4\ a^3 / 27$ حيث استخرج الطوسى الجذر المزدوج $x_0 = 2_a / 3$، ولكن الطوسى لم يقر بالجذر السالب. $c > 4\ a^3 / 27$ حيث استخرج الطوسى جذرين موجبين للمعادلة : $0<x_1<2_a/3<x_2<a$

و درس الطوسى بعد هذا "العدد الأعظم" فبرهن علي:

$$(3)\ f(x_0)=\frac{SUP}{0<z<a}f(x)$$

مع : $x_0 = \frac{2_a}{3}$

ولهذا برهن أولاً : $x_1 > x_0 \rightarrow f(x_1) < f(x_0)$

ثم برهن بعد ذلك : $x_2 < x_0 \rightarrow f(x_2) < f(x_0)$

و استنتج من الخطوتين (٣) .

ولكى يجد الطوسى $x_0 = \frac{2_a}{3}$ حل المعادلة : $f'(x) = 0$

وقام الطوسى بعد ذلك بحساب "العدد الأعظم" : $f(x_0) = f(\frac{2_a}{3}) = \frac{4_{a^3}}{27}$

ثم واصل الطوسى بحثه، فاستخرج الجذرين الموجبين بالنهج التالي: لاستخراج x_2، افترض $x_2 = x_0 + x$، وهذا التحويل أدى إلى المعادلة التالية التى سبق حلها : $x_3 + ax_2 = k$

وفيها : $k = c_0 - c\frac{4_{a^3}}{27} - c$

ولقد أسس الطوسى لهذا التحويل الأفيني. ولاستخراج الجذر الموجب الثاني، سلك المسلك نفسه فافترض $x_1 = x + a - x_2$ وأدى هذا التحويل إلى معادلة أخرى سبق أن حلها. وتحقق الطوسى من $x_1 \rightarrow x_0$ و $x_1 \rightarrow x_2$ وأسس لهذا التحويل الأفينى . أما الجذر السالب الباقى فلا يعرض له الطوسي. إذا أسس الطوسى لصيغة "المشتق". ولقد ظهرت من قبل عند حل الطوسى العددى للمعادلات. وظهرت عند البحث عن "العدد الأعظم" فى الجزء الثانى من رسالته. وفى كلتا الحالتين –الحل العددى للمعادلات، والبحث عن "العدد الأعظم"– اقتصر الطوسى على تطبيق صيغة "المشتق" من دون التأسيس النظرى لها. ومن ثم ظهرت فى رسالة الطوسى لأول مرة فى تاريخ الرياضيات الفكرة التالية : تحديد النهايات القصوى للعبارات الجبرية ، ودراسة تغير توابع متعددات الحدود فى جوار النهاية القصوى ، لحسابها. لا يتعلق الأمر، عند الطوسى – على نقيض الرياضيات اليونانية والعربية، أرشميدس، القوهي– بمساحات وحجوم قصوى ، بل يتعلق البحث بتوابع متعددات الحدود. ولم يقف الطوسى عند هذه النتائج بل ظفر بنتائج أخرى عديدة ، ذكر رشدى راشد منها معرفته بأن متعدد الحدود $p(x)$ يقسمه $(x-r)$ إذا كان r جذراً للمعادلة $p(x)=0$. إذن يحلل الطوسى فى الجزء الثانى من الرسالة. ويتبع الاتجاه السائد فى التحليل. فالحساب جبرى صرف. والأشكال الهندسية تعين

التصور. ولكن هناك عقبتين حالتا دون أن يكون لهذه الرسالة ما استحقته من أثر فى تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها:

١- غياب الأعداد السلبية وعدم الإقرار بها؛

٢-العجز عن الوصول إلى اللغة الرمزية.

فلقد أدى غياب الأعداد السلبية إلى تعدد الحالات للعملية الواحدة. كما أدى غياب اللغة الرمزية إلى طول العبارة وغموضها. مع ذلك ورث خلفاء الطوسى منهجه فى الحل العددى للمعادلات – أى ما يُسمى بمنهج روفينى – هورنر – أما نتائج الجزء الثانى من رسالته ، وأسلوبه الرياضى الجديد ، الذى يعكس اكتشاف الطوسى للبحث "المحلي" ، أى فى جوار النقطة ، فقد أوردها فى القرن السابع عشر ، الرياضى الفرنسى بيار فرما بخاصة. فلا مفرّ لمؤرخ الهندسة الجبرية أو التحليلية من البدء بإسهام عمر الخيام وشرف الدين الطوسى بوجه خاص.

٢- ٤- ثنائية الجبر والهندسة ووحدتهما

سبق أن أشرنا إلى أن الطوسى لم يقتصر على بعض النتائج بل ظفر بنتائج عديدة ، ذكر رشدى راشد منها معرفته بأن متعدد الحدود $p(x)$ يقسمه $(x-r)$ إذا كان r جذرًا للمعادلة $p(x)=0$. إذن حل الطوسى فى الجزء الثانى من الرسالة. ويتبع الاتجاه السائد فى التحليل. فالحساب جبرى صرف. والأشكال الهندسية تعين التصور. ولكن هناك عقبتين حالتا دون أن يكون لهذه الرسالة ما استحقته من أثر فى تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها:

١- غياب الأعداد السلبية وعدم الإقرار بها؛

٢-العجز عن الوصول إلى اللغة الرمزية.

فلقد أدى غياب الأعداد السلبية إلى تعدد الحالات للعملية الواحدة. كما أدى غياب اللغة الرمزية إلى طول العبارة وغموضها. مع ذلك ورث خلفاء الطوسى منهجه فى الحل العددى للمعادلات – أى ما يُسمى بمنهج روفينى – هورنر – أما نتائج الجزء الثانى من رسالته ، وأسلوبه الرياضى الجديد ، الذى يعكس اكتشاف الطوسى للبحث "المحلي" ، أى فى جوار النقطة ، فقد أوردها فى القرن السابع عشر ، الرياضى الفرنسى فرما بخاصة. حددت مزاوجة الجبر والهندسة مجالا واسعاً فى الرياضيات. ولم تقتصر نتائج مزاوجة الجبر والهندسة على الرياضيات بل طالت الفكر الكلاسيكى كله. فمن جهة، استوعب رشدى راشد الأدوات المتبعة

فى توافق الهندسة الجبرية بالهندسة التفاضلية فى ذلك الوقت. ومن جهة أخري، رسم رشدى راشد حدود ظاهرية جديدة لموضوع الرياضيات. إن إنكار إسهامات رياضيى القرن السابع عشر الميلادى من خلال ردّها إلى أعمال سابقة ، لا يقل خطورةً، فى تقدير رشدى راشد، عن اعتبار إسهامات أسلاف رياضيى القرن السابع عشر الميلادى وكأنها منجزات رياضيى القرن السابع عشر الميلادى . فمن يرى إسهامات رنيه ديكارت فى كتاب "المخروطات" لأبولونيوس (*APOLLONIUS*) حيث لا أثر واضح للجبر إنما يحجب نظره عن رؤية العلاقة بين الجبر والهندسة. وفى المقابل ، فإنّ رد بداية البناء الهندسى للمعادلات إلى أعمال رنيه ديكارت يحجب الرؤية عن تجديد رنيه ديكارت نفسه. بهذا المعنى يدعو رشدى راشد إلى العودة إلى ما قبل ديكارت وفرما.ومنذ ظهور كتاب الخوارزمى فى بداية القرن التاسع الميلادي، سعى عدد كبير من الرياضيين إلى توسيع الجبر. ومن بين هؤلاء من قادتهم أبحاثهم إلى قضية لم يكن من الممكن تصوّرُها قبل تشكّل الجبر. هذه القضية كانت شرط الترجمة المزدوجة :

١- ترجمة مسألة هندسية إلى مسألة دراسة معادلة جبرية بمجهول واحد وحلها ؛

٢- تحويل حل معادلة جبرية - بخاصة معادلة من الدرجة الثالثة - إلى بناء هندسى ، وذلك من خلال ترجمة هندسية ، أى من خلال المنحنيات.

وليس بالإمكان تصوّر هذه الترجمة المزدوجة إلا لدى رياضيين جبريين. لذلك ليس بالإمكان أن ترجع بداية هذه الترجمة المزدوجة إلى ما قبل القرن العاشر الميلادي. وقدم الخيّام هذه الترجمة. ظهرت بدايات هذه الترجمة، إذن ، مع تشكّل علم الجبر. إلا أنها لم تتمكن من فرض نفسها من دون الصدام بنوعين من العقبات التقنية :

١- حل المسائل المجسمة الموروثة التى لا تحل من خلال المسطرة والفرجار ، كمسائل "عمل المسبّع فى الدائرة" و"تثليث الزاوية" - تقسيمها إلى ثلاثة أجزاء متساوية - ومسألة "المتوسطين" - إيجاد خطين بين خطين لتتوالى الأربعة متناسبة -؛ كما مسألة تحديد أوتار بعض الزوايا بهدف بناء جداول الجيوب ؛ وفى كلتا الحالتين عمد الرياضيون -الماهانى ، الخازن ، البيرونى ، وأبو نصر بن عراق- إلى تحويل المسألة الهندسية إلى مسألة جبرية وهى حل معادلة تكعيبية.

٢- صعوبة حل المعادلة التكعيبية من خلال استخراج الجذور.

وأمام هذه العقبات اضطر رياضيون من أمثال الخازن ، أبى نصر بن عراق وأبى الجود بن الليث لطرح مسألة البناء "الهندسي" لجذور بعض المعادلات التكعيبية. وفى مواجهة هذه المعادلات ، طبق الرياضيون تقنية

المسائل المجسمة وهى تقنية تقاطع المنحنيات المخروطية. هذه التقنية اليونانية القديمة، استخدمها رياضيو القرن العاشر الميلادي، أمثال القوهى وابن الهيثم. وهكذا تحولت الترجمة المزدوجة من تقنية بسيطة إلى وسيلة عملية لمشروع علمى عند الخيام (١٠٤٨ – ١١٣١م)، الذى حاول المحاولة الأولى لإرساء قواعد هذه الترجمة المزدوجة. هذا الواقع كان قد أصبح معروفًا فى منتصف القرن التاسع عشر الميلادي. فعندما ترجم المؤرخ ف. وبكيه *F. WOEPCKE*، للمرة الأولى ، رسالة الخيام فى الجبر كان من المعروف أن الخيام سعى لإعادة التفكير فى العلاقة بين الجبر والهندسة. كان الخيام أول من حاول تطبيق الجبر على الهندسة ، وأول من حاول تطبيق الهندسة على الجبر، كما أن أسلاف الخيام أرسوا قواعد صلة الحساب بالهندسة، مما أسهم فى تطوير الرياضيات. أراد الخيام أن يتجاوز إطار البحث المرتبط بحل هذه الصورة أو تلك من صور المعادلة التكعيبية ، لكى يشرع فى بناء نظرية المعادلات ، ويصوغ من خلالها نموذجًا للبحث. هذه النظرية الجديدة هى نظرية المعادلات الجبرية من الدرجة الثالثة وما دون ، حيث تدرس معادلات الدرجة الثالثة من خلال المنحنيات المخروطية بهدف إيجاد جذورها الموجبة. وكان التصور الأساس بالنسبة إلى الخيام، هو تصور وحدة القياس. وقد أسس تصور وحدة القياس وتصور البعد (*DIMENSION*)، لتطبيق الهندسة على الجبر. وأسس هذا المشروع المزدوج لنظرية المعادلات الجديدة، التى تعدت الحدود بين الجبر والهندسة. وبدا الجبر لدى الخيام مقصورا على مسألة المعادلات الجبرية. هذه المسألة لم تحتل فى الأعمال الجبرية السابقة سوى موضعا متواضعا. هكذا، إذن، أزاح الخيام من دراسته الجزء الذى اعتاد أن يحتل الموضع المركزى فى أى عمل جبرى معاصر للخيام : دراسة القوى الجبرية، ومتعددات الحدود والعمليات التطبيقية، والأعداد الصماء الجبرية، وغيرها من الدراسات الجبرية. فلم يتصور الخيام مشروعًا جديدًا وحسب ، بل أنشأ نموذجا للبحث يتوافق مع هذا المشروع. إنه يبدأ بمناقشة تصور "العظم" لكى يصل إلى تعريف وحدة القياس. ومن ثم قدم تصنيفه الخاص للمعادلات وطرح المقدمات الضرورية، لكى يقارب معادلات الدرجة الثانية ذات الحدين، معادلات الدرجة الثانية ثلاثية الحدود، معادلات الدرجة الثالثة ثلاثية الحدود، معادلات الدرجة الثالثة رباعية الحدود والمعادلات المتعلقة بمقلوب المجهول. واستخلص الخيام نتيجتين محددتين:

١- حل عام لمجمل معادلات الدرجة الثالثة من خلال تقاطع قطعينى مخروطيين؛

٢- حسابات هندسية من خلال انتقاء وحدة قياسية للأطوال.

حاول الخيام صياغة حلّ عددى تقريبى للمعادلة التكعيبية من خلال جداول علم المثلثات. هكذا ، إذن ، فى القرن الحادى عشر الميلادي، بدأ تشكّل فصل جديد حتى القرن الثامن عشر الميلادى لبناء المعادلات الجبرية. وصنف الخيام المعادلات بحسب درجتها وعدد حدودها.عند هذا الحد ، توقفت منذ القرن التاسع

عشر الميلادي، البحوث التاريخية بشأن العلاقات بين الجبر والهندسة. ففى نظر المؤرخين شكلت مساهمة الخيام آخر ما قدمه الرياضيون العرب فى موضوع العلاقات بين الجبر والهندسة. فعمل الخيام بداية العلاقات بين الجبر والهندسة ونهايتها فى الوقت نفسه. فهذا التعبير النظرى الأول عن مسألة البناء الهندسى للمعادلات الجبرية ظهر وكأن الرياضيين العرب لم يتابعوه. على هذا الأساس ظهر عمل الخيام من دون مستقبل. لكن ، منذ نحو منتصف العقد الثامن من القرن العشرين، استطاع رشدى راشد أن يصحح هذه الصورة وأن يبرهن أن الخيام لم يكن مفتتحا لتراث بل كان له خلف فى القرن الثانى عشر الميلادي، هو شرف الدين الطوسي. كان اهتمام المؤرّخين بشرف الدين الطوسى يعود إلى إسطرلابه الخطّى - "عصا الطوسي" الشهيرة- لكن رسالته عن المعادلات لم تدرس ولم تترجم. لم يكن هذا العمل موضوع أية دراسة قبل رشدى راشد. فالطوسى بحث عن النهايات العظمى للتعابير الجبرية ، كما فصل الجذور وعين حدودها. وتسببت فى صعوبة قراءة نص الطوسى الحسابات الطويلة التى اقتضاها إدخال المفاهيم باللغة الطبيعية. كذلك حذف "المجهول" جداول ضرورية لتتبع العمليات الحسابية العددية بأكملها من النص ، وارتكب أخطاء عدة. لكن نهج الطوسى نهجا موضعيا تحليليا وليس شموليًا وجبريًا وحسب كما كان نهج الخيّام.

٢-٥- النظرية الهندسية للمعادلات ونشأة التصورات التحليلية

طبق الطوسى مفاهيم جديدة من دون أى تقديم نظرى سابق. عمد إلى اشتقاق العبارات المتعددة الحدود من دون أن يحدد المشتق أو حتى أن يسميه، تمثيلا لا حصرا. استهل الطوسى رسالته بدراسة منحنيين مخروطيين، وهما القطع المكافئ والقطع الزائد. هذان المنحنيان، فضلا عن الدائرة، هى المنحنيات التى يدرسها الطوسي، حصراً. فيبدو أن الطوسى يفترض بالقارئ فى عصره الاعتياد على دراسة معادلة الدائرة - قدرة نقطة بالنسبة إلى الدائرة. فقد استعمل هذا الجزء التمهيدى لكى يجد معادلة القطع الزائد المتساوى الأضلاع بالنسبة إلى نظامين من المحاور. واكتفى بمخروط ذى زاوية رأسية قائمة لكى يحصل على المنحنيات. من هنا تميز بحث الطوسى عن كتابات أخرى عديدة خصصها رياضيو عصره للقطوع المخروطية.

بعد ذلك صنف المعادلات من الدرجة الثالثة وما دون. لم يعتمد معيارًا داخليًا ، كما سبق أن اعتمد الخيام، بل اعتمد معيارا خارجيًا ، فى هذا التصنيف . فبينما رتب الخيام المعادلات على أساس من عدد حدودها ، اختار الطوسى تراتبيتها بحسب وجود ، أو غيبة، جذور موجبة لها . ويعنى ذلك أن المعادلات تنتظم بحسب احتوائها ، أو عدم احتوائها ، لـ "حالات مستحيلة". تبعًا لهذا التقسيم اقتصر الطوسى على تقسيم رسالته إلى جزأين.

فى الجزء الأول يدرس الطوسى مسألة حلّ عشرين معادلة. وفى كل من هذه الحالات عمد إلى البناء الهندسى للجذور وإلى تحديد المميز، فى المعادلات التربيعية ، ثم عمد إلى الحل العددى من خلال ما سمى بعد ذلك بطريقة روفينى – هورنر. لقد طبق هذه الطريقة على المعادلات المتعددة الحدود وليس فقط لاستخراج جذور عدد ما. يفترض الطوسى بالقارئ معرفة هذه الطريقة لاستخراج الجذور التربيعية والتكعيبية. وكانت هذه الطريقة معروفة فى القرن الحادى عشر الميلادي. ففى عصر الطوسي، كانت هذه الطريقة تستعمل لاستخراج الجذور النونية لعدد صحيح. من هنا نهضت عناصر نظرية المعادلات فى القرن الثانى عشر الميلادى بحسب التراث الذى أرساه الخيّام على ما يلى :

١– بناء هندسى للجذور؛

٢– حل عددى للمعادلات؛

٣– حل معادلات الدرجة الثانية من خلال الجذور؛

٤– الحل على أساس من البناء الهندسي.

صارت العلاقات بين نظرية المعادلات وبين الجبر الحسابى كما قدّمه نهج الكرجي، علاقات هشّة. وكانت أعمال السُلَمى مثالا دالاً على الجبر الحسابى فى ذلك العصر. فلقد درج الجبريون الحسابيون على تخصيص جزء متواضع من عملهم لنظرية المعادلات التربيعية، وعندما كانوا يدرسون المعادلة التكعيبية كانوا يحاولون حلها من خلال الجذور. هذا الواقع الحديث أظهر المسافة التى قطعها الطوسى فى هذا المجال. ففى الجزء الأول من رسالته . وفى تصور جديد لنظرية المعادلات ، لم يعتمد الطوسى حلاً من خلال الجذور للمعادلة التكعيبية. أما فى الجزء الثاني، فقد عارض البحث فى هذا الاتجاه.فى الجزء الأول ، وبعد دراسته لمعادلات الدرجة الثانية وللمعادلة $x^3 = c$ ، درس الطوسى ثمانى معادلات من الدرجة الثالثة. لكل من المعادلات السبع الأولى منها جذر موجب واحد ، أما فى حال وجود جذر سالب فقد كان الطوسى لا يعترف به. ولدى دراسة كل من هذه المعادلات ، كان يختار منحنيين (أو قسمين من منحنيين) من الدرجة الثانية. وكان يبرهن برهاناً هندسياً أن أقواس هذين المنحنيين لها نقطة التقاء تحقق إحداثيتها السينية المعادلة المدروسة (كان من الممكن وجود نقاط التقاء أخري) . الخصائص الهندسية التى قدّمها الطوسى كانت إلى حدّ ما خصائص مميزة للمعطيات التى يختارها ، تؤدى بالتالى إلى معادلات المنحنيات المستعملة. وبفضل استعمال تعابير الـ "داخل" والـ "خارج" استدعى الطوسى تواصل المنحنيات وتحدّبها. واستطاع رشدى راشد، كما يلى ، ترجمة طريقته بالنسبة إلى المعادلة :

$$x^3 + bx = c : b > 0,\ c > 0;$$

درس الطوسى فى شرح رشدى راشد العبارتين :

$$f(x) = [x(\frac{c}{b} - x)]^{\frac{1}{2}} ،g\ (x) = \frac{x^2}{b^{\frac{1}{2}}}$$

وبرهن الطوسى أن وجود عددين a و β يحققان :

$$(f\text{-}g)\ (a) > \qquad (f\text{-}g)\,(\beta) < 0$$

ينتج عنه وجود $y \in]a, \beta[$ حقق $(f\text{-}g)(y)=0$

أنهى الطوسى الجزء الأول بدراسة المعادلة التكعيبية الثامنة :

$$x^3 + bx = ax^2 + c\ ;\ a, b, c > 0.$$

وبالإمكان أن يكون لهذه المعادلة ثلاثة جذور موجبة. لكنّ الطوسى لم يضف إلى الخيام شيئًا فى هذا المجال ، ولم يحدد بالتالى سوى واحد من هذه الجذور . ويبدو أنه على غرار الخيام لم يدرس سوى الحالة الأولى من الحالتين التاليتين:

$$a^2 - 3b < 0 \qquad وa^2 - 3b > 0$$

وعند قراءة الجزء الأول رأى رشدى راشد أن الطوسى درس ، كما درس الخيام ، البناء الهندسى للجذور الموجبة لهذه المعادلات العشرين. وهذا يغنى عن دراسة جميع المعادلات من الدرجة الثالثة وما دون. لأن المعادلات المتبقية يمكن إرجاعها إلى احدى المعادلات المدروسة من خلال تحويلات أفينية. وكان الطوسى يعتمد، كما اعتمد الخيام، البناء الهندسى المسطح عند إمكان تحول المعادلة إلى معادلة من الدرجة الأولى أو الثانية. كان الطوسى يعتمد البناء الهندسى من خلال اثنين من القطوع المخروطية الثلاثة المذكورة إذا كانت المعادلة تكعيبية. أما البناءات الهندسية التى تتعلق بالمعادلات التكعيبية فكانت تدخل متوسطين هندسيين بين قطعتى مستقيم معطاتين. وفى الجزء الأول من الرسالة لم يختلف هدف الطوسى عن هدف الخيام، من جهة صياغة نظرية المعادلات من خلال الترجمة المزدوجة الجبرية – الهندسية. كانت وسيلة الطوسى والخيام الرئيسة هو البناء الهندسى للجذور الموجبة. فالطوسى لم يدرس ، تمثيلا لا حصرا، المنحنيات المعروفة كلها، بل اقتصر على دراسة المنحنيات اللازمة لبنائه الهندسى للجذور. ومع أن الجزء الأول من "الرسالة" ، يتعلق

بمساهمات الخيام فقد أمكن رشدى راشد الكشف عن فروق بين الخيام والطوسى فى الجزء الثاني. فلقد برهن الطوسى على نقطة التقاء للمنحنيين المتعلقين بكل من المعادلات المدروسة. أما الخيام فلم يدرس مثل هذه الدراسة إلا فى سياق دراسة المعادلات العشرين ، كما أدخل الطوسى التحويلات الأفينية والمسافة من نقطة إلى مستقيم. وخصّص الطوسى الجزء الثانى من الكتاب لدراسة المعادلات الخمس التى تحوى "حالات مستحيلة" ، أى حالات لا يوجد فيها أى جذر موجب ، وهى المعادلات :

(21) $x^3+c=ax^2$; (22) $x^3+c=bx$;
(23) $x^3+ax^2+c=bx$ (24) $x^3+bx+c=ax^2$;
(25) $x^3+c=ax^2+bx$

ولم يقتصر الطوسى على تسجيل "حالات مستحيلة" كما سبق أن سجل الخيام. فلقد دفعته دراسته لمسألة برهان وجود نقاط لالتقاء المنحنيات ، وبالتالى مسألة وجود الجذور ، إلى تمييز هذه الحالات ومعرفة أسبابها. إن اعتراض هذه المسألة التقنية وما نجم عنها من تساؤل ، هو بالتحديد ما قاد الطوسى إلى القطع مع نهج الخيام وإلى تعديل مشروعه الأساسي.وأمكن رشدى راشد كتابة المعادلات الخمس السابقة فى الصورة الحديثة $f(x) = c$ ، حيث f دالة متعددة الحدود. ولكى يميز الطوسى الحالات المستحيلة ويحددها ، كان على الطوسى دراسة التقاء المنحنى الذى يمثل $y = f(x)$ مع المستقيم $y = c$. كان "المنحنى" يعني، عند الطوسي، القسم من هذا المنحنى المتمثل بالجزء :

$$y = f(x) > 0 \quad \text{و} \quad x > 0$$

وهو جزء من المنحنى يمكن عدم وجوده. ولا معنى لها إلا فى $x > 0$ وكون $f(x) > 0$ وإنه فى كل حالة من الحالات كان يضع الشروط التى تكون ضمنها $f(x)$ موجبة قطعًا. ففى المعادلـــة (21) وضـــع الشـــرط $0<x<a$ ، وفى المعادلة (22) الشرط $0<x<_b$ ، ويحدد هذا الشرط نفسه فى المعادلة (23) مع أنه لا يكفي. ومع أن الطوسى فى المعادلات (24) و(25) لم يحدد فى البداية مثل هذه الفسحة التى ينحصر ضمنها x ، إلا أنه يحدد مثل هذه الفسحات عندما يشرع فى دراسة "حصر الجذور".ودرس شرف الدين الطوسى إذًا العلاقة بين وجود الحلول ووضعية الثابت c بالنسبة إلى النهاية العظمى للدالة المتعددة الحدود . وفى هذا السياق أدخل الطوسى تصورات جديدة ، ووسائل جديدة ولغة جديدة، وكائنًا رياضيًا جديدًا.وبدأ الطوسى بإدخال تصور النهاية العظمى لعبارة جبرية معينة ، وهو ما أشار إليه بـــ "العدد الأعظم". وبافتراض أنّ $f(x_0) = c_0$ هى هذه النهاية العظمي، فإنها أعطت النقطة (x_0, c_0). بعد ذلك حدد الطوسى جذور $f(x)=0$ ، أى تقاطع المنحنى $f(x)$ مع المحور السيني. من ثم خلـــص إلـــى استنتاج حصر جذور المعادلة $f(x) = c$. والطوسى ، إذن ، حصر كل المسألة فى قضية وجود القيمة x_0 التى تعطى النهاية العظمى $f(x_0)$ لذلك اعتمد معادلة لا

تختلف إلا من حيث شكل الكتابة مع المعادلة $f'(x)=0$ ، وقبل مواجهة مسألة المشتق، استحسن رشدى راشد أن يسجل التغيّر فى منحى عمله وإدخال التحليل الموضعي. واستعرض رشدى راشد نتائج الطوسي.

بالنسبة إلى معادلة *(21)* يوجد للمشتق جذران هما الصفر و $\frac{2a}{3}$ مما يعطى بالتتالى نهاية صغرى هى *f(0)* ونهاية عظمى هى $c_0=f(\frac{2a}{3})$. من جهة أخرى يوجد للمعادلة *f(x)=0* جذر مزدوج هو $\lambda_1=0$ وجذر موجب $a=2$. يستنتج الطوسة ، إذن ، أن ، فى حال كون $c<c_0$ ، يكون للمعادلة *(21)* جذران موجبان x_1 و x_2 يحققان العلاقة : $\lambda_1=0<x_1<x_0<x_2<a=2$

ولاحظ رشدى راشد أن لهذه المعادلة جذرًا ثالثًا سالبًا x_3 لم يأخذه الطوسى بالاعتبار.

المعادلات *(22)* ، *(23)* و*(25)* يعتمد الطوسى تحليلاً مشابهًا . وفى هذه الحالات الثلاث يكون للمشتق جذران أحدهما سالب والآخر موجب. الجذر الموجب x_0 يعطى النهاية العظمى $c_0=f(x_0)$ ويكون للمعادلة $f(x)=0$ ثلاثة جذور بسيطة (مختلفة) أحدها سالب والآخران هما $\lambda_1=0$ و 2 ؛ وهذا ما يوصله إلى النتيجة التى توصل إليها سابقًا .وأما فى المعادلة *(24)* ، فتنشأ مشكلة. لأنّ القيمة العظمى $f(x_0)$ قد تكون سالبة. وهنا يفترض الطوسى شرطًا إضافيًا لكى لا يصادف إلا الحالة $f(x_0)>0$ وينهج من ثم كما انتهج فى المعادلات السابقة. عند ذلك يكون للمعادلة $f'(x)=0$ جذران موجبان x'_0, x_0 $(x'_0<x_0)$ يوجد إذن بالتتالى نهاية صغرى سالبة ونهاية عظمى موجبة. ولا يأخذ الطوسى فى الاعتبار سوى الجذر x_0 فيحصل على $c_0=f(x_0)$ ومن جهة أخرى يكون للمعادلة $f(x)=0$ ، فى هذه الحالة، ثالثة جذور ، الصفر و λ_1 و 2 $(0<\lambda_1<2)$ ، من هنا استنتج الطوسى أنه فى حالة كون $c<c_0$ ، يكون للمعادلة *(24)* جذران موجبان x_1 و x_2 بحيث $0<\lambda_1<x_1<x_0<x_2<2$

من هنا كان تصور "المشتق" مقصودًا لنفسه. وهى ليست المرة الأولى التى ترد فيها العبارة الجبرية للمشتق فى "الرسالة". فلقد أدخلها الطوسى لإنشاء طريقة حل عددى للمعادلات. لكنّه فى كلتا الحالتين اكتفى بتوجيه التعليمات حول تطبيق طريقته من دون التنظير. بنى الطوسى حسابات على الحالات والدالات، وبخاصة المعادلات ٢١ و٢٥، من دون التعميم. وهو المسلك نفسه الذى سلكه فِرما.وكشف رشدى راشد فى رسالة الطوسى وللمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات تحديد النهايات القصوى للعبارات الجبرية من جهة ، ومن جهة أخرى عن دراسة تغيرات الدالات المتعددة الحدود فى جوار نهاية قصوى معينة لاحتساب هذه النهاية القصوى. ولم يكن الموضوع هذه المرة احتساب حجم أقصى أو مساحة قصوى ، بل احتساب القيمة

القصوى لدالات متعددة الحدود.ولكي نستوعب أصالة مساعي الطوسي بشكل أفضل ، ضرب رشدي راشد مثل المعادلة *(23)* التي أمكن رشدي راشد كتابتها على الشكل التالي: $c = f(x) = x(b - ax - x^2)$

والمسألة الأساسية هي إيجاد القيمة $x = x_0$ التي بها تصل $f(x)$ إلى نهايتها العظمى. شرح الطوسي كيفية الانتقال من المعادلة *(23)* إلى معادلتين من النوع *(15)* والنوع *(21)* باستعمال تحويلات أفينية :

$$x \to x = x_0 - x \qquad\qquad x \to x = x - x$$

و أعطى الطوسي المتساويتين التاليتين :

$$F(x_0)\text{-}d(x_0+x)=2x_0(x_0+a)x\text{-}(b\text{-}x_2)x+(a+3x_0)x^2+x^3;$$

$$f(x_0)\text{-}f(x_0\text{-}x)=(b\text{-}0^2)x\text{-}2x_0(x_0+a)x+(a+3x_0)x^2\text{-}x^3 \text{ و}$$

ولابد أن الطوسي قارن بين $f(x_0)$ و $f(x_0+x)$ وبينهما وبين $f(x_0\text{-}x)$ ملاحظًا أنه في الفسحة $]0,\lambda_2[$، يكون التعبيران $x^2(3x_0+a+x)$ و $x^2(3x_0+a\text{-}x)$ موجبين. من ثم استطاع الطوسي أن يستنتج من المتساويتين ما يلي:

إذا كان : $(b - x\frac{2}{0})2x_0 + a)$ يكون $f(x_0)>f(x_0+x)$.

إذا كان : $(b - x\frac{2}{0})2x_0(x_0 + a)$ يكون $f(x_0)>f(x_0\text{-}x)$

$$\therefore : \begin{cases} f(x_0) > f(x_0 + x) \\ f(x_0) < f(x_0 - x) \end{cases} \leftarrow (b - x\frac{2}{0}) = 2x_0(x_0 + a)$$

وهذا يعني، في نظر رشدي راشد، أنه في حال كون x_0 الجذر الموجب للمعادلة التالية :

$$F'(x) = b - 2a\,x - 3x^2 = 0$$

يكون $f(x_0)$ هو القيمة العظمى لـ $f(x)$ في الفترة المعنية.

إن المتساويتين المذكورتين تتوافقان مع توسيع (مفكوك) تايلور حيث :

$$f'(x_0) = b - 2ax_0 - 3x\frac{2}{0} : \frac{1}{2}f'(x_0) = -(3x_0 + a); \frac{1}{3}f'(x_0) = -1$$

هدف الطوسى ، على ما ظهر من شرح رشدى راشد، إلى ترتيب $f(x_0 + X)$ و $f(x_0 - X)$ حسب قوى X وإلى تبيان أنّ الوصول إلى النهاية العظمى يتحقق عندما يكون معامل X فى هذا المفكوك يعادل الصفر . تكون إذن قيمة x التى تعطى $f(x)$ نهايتها العظمى هى الجذر الموجب للمعادلة $f'(x)=0$. إن الطوسى قد يكون درس ، فى المتساويتين المذكورتين، الدالتين $f(x_0 - X)$ و $f'(x_0 - X)$ حيث $X - X'$. لكن مادام أنه اعتمد أسلوب المقارنة ، يبقى تحليل رشدى راشد السابق صحيحا، إن هذا التوسيع (المفكوك) الواضح الذى أعطاه الطوسى فى سياق تحويل المعادلة *(23)* إلى معادلتين من النوع *(15)* و*(21)* هو توسيع مهم فى تاريخ الرياضيات. وفى إطار حل المعادلات ، تبدو الطريقة أنها تتعلق ، جزئيًا ، بالمسألة الجبرية : تحويل المعادلة التى نبحث عن جذورها الموجبة إلى معادلات أخرى سبق أن عُرفت طريقة استخراج جذورها الموجبة. إن المفكوك المذكور نفسه يبدو فى إطار آخر بوصفه إعدادا لطريقة الحل العددى للمعادلات. لكن هذه الطريقة هى الطريقة التى سميت فيما بعد باسم "طريقة فرما".

كان الطوسى يعلم بأنه فى حال كون r جذرًا لمعادلة من الدرجة الثالثة $P(x) = 0$ ، تكون متعددة الحدود $P(x)$ قابلاً للقسمة على $(x - r)$. ومن خلال تحويل أفينى كان بإمكانه ردّ معادلة إلى معادلة أخرى سابقة محلولة. لكن ، مع تحسسه لوجود علاقات بين معاملات المعادلة وبين جذورها ، فإنه لم يدرس هذه العلاقات لا فى نفسها ولا بالشكل العام ، فلم يكن بالإمكان لهذه العلاقات أن تظهر عنده إلا فى حال كون جميع الجذور موجبة. وهذا بالضبط ما حصل فى المعادلة *(9)* أى فى : $x^2 - c = b.x$

عند كون $b^2 4c$. فى هذه الحالة برهن الطوسى أن x_1 و x_2 هما الجذران الموجبان لهذه المعادلة، إذا، وفقط إذا ، كان لدينا : $x_1 . x_2 = c$ و $x_1 + x_2 = b$

أما فى معادلة الدرجة الثالثة فالمعادلة *(20)* هى المعادلة الوحيدة التى لها ثلاثة جذور موجبة. هنا لم يتطرق الطوسى إلى مسألة العلاقة بين الجذور والمعاملات ، فهو لم يلاحظ، حسب رشدى راشد، وجود الجذور الثلاثة الموجبة. وقد عرقل غياب الأعداد السالبة وضع مسائل العلاقات المنْطَقَة بين المعاملات والجذور الصحيحة. هذا ما يظهره بوضوح مثل دراسة النهاية العظمى للدالة $f(x)$ فى الحالة الثانية من المعادلة *(25)* . فلكى يقارن الطوسى بين $f(x)$ و $f(x_0)$ فى الفسحة $]0,x_0[$ ، يقسم هذه الفسحة إلى اثنتين $]0,a[$ و $]x_0-a,[$ ؛ ومن ثم يستدعى فى حساباته الفروق $(a - x_0)$ و $(x - a)$ من جهة و $(x_0 - a)$ و $(x' - a)$ من جهة ثانية. واستطاع رشدى راشد ضرب أمثلة مشابهة فى مواضع أخرى من الرسالة.

ولقد تسبب غياب الأعداد السالبة أيضًا باضطرار الطوسى للاستعانة بمعادلتين مساعدتين فى المسائل من *(21)* إلى *(25)* . تؤول إلى المعادلة *(21)* . معادلة من النوع *(15)* بواسطة التحويل $x \to -X$. أما بالنسبة

إلى المسائل الأربع الأخرى، ففى حال كون $c<c_0$ يكون للمعادلة $f(x)=c$ ثلاثة جذور حقيقية ، x_1 , x_2 , x_3 : $x_3<0<x_1<x_0<x_2$. وبواسطة التحويل الأفينى $x \rightarrow x0+x$ تتحول المعادلة $f(x)=c$ إلى المعادلة $g(x)$-$c0$-c التى هى من النوع (15) الذى يحوز ، تحـت الشـروط نفسهـا ، علـى ثلاثـة جذور حقيقية ، أحدها فقط موجب : $X_3<-x_0<x_1<0<x_2$ وهنا لا يأخذ الطوسى بالاعتبار سوى x_2 الذى يعطيه $x_2=x_0+x_2$. من ثم يعمد إلى تطبيق التحويل الأفينى $x \rightarrow x_0 - x$ مفترضًا أن $x<x_0$ وهذا ما يعطيه المعادلة $h(x)=c_0$-c أى المعادلة $g(-x)=c_0$-c وهى من النوع (21) ولها ثلاثة جذور حقيقية : $x_2<0<x_1<x_0<x_3;$.

ولأن الطوسى افترض $x = x_0 - X$ أى أن ، $X < x_0$ ، لا بد له من اختيار X_1 واعتـباره الجذر المناسب ($0<x_1<x_0$)مهملاً X_2 وX_3 ، فيحصل الطوسي، حسب تفسير رشدى راشد، على الجذر $x_1 = x_0 - X_1$.

إذن ، أدى غياب الأعداد السالبة إلى تعدد الحالات، وفى إطالة العمليات الحسابية ، كما أدى ذلك إلى الاستفاضة فى العرض. وقد حال هذا النقص دون النفاذ إلى نص الطوسى ، فضلا عن غياب النظام الرمزي. إذن الجزء الثانى من الرسالة تحليلي، وتجرى العمليات الحسابية فيه بشكل جبرى بحت ولا تساعد الأشكال الهندسية سوى على التخيُّل.

٥- طريقة إيجاد النهايات العظمي

احتوى عمل شرف الدين الطوسى على الطريقة التى سميت فيما بعد باسم "طريقة فِرما"، كما طورّ الرياضيون الغربيون من بعد شرف الدين الطوسى بخمسة قرون بحثه الرياضي. فمنذ النقد الذى وجهه مونتوكلا (*Montucla*) لقراءة هويجنز(*Huyghens*) لطريقة فِرما، ظل المؤرخون يثيرون التساؤل عن هذه الطريقة ووحدتها. إن مشروع رشد راشد، فى تاريخ الرياضيات وفلسفتها، أكثر تحديدًا وأكثر تواضعًا. هدف رشدى راشد إلى التذكير ، بالمسلك الذى سلكه فِرما، ذلك المسلك الذى قدر رشدى راشد اكتشافه عند الطوسي. ويعود رشدى راشد إلى ما عَرضه الطوسي. يتناول رشدى راشد إذن المعادلة :

$$(1)\ f(x) = c$$

والمتساويتين التاليتين :

$$(2)\ f(x_0 + x) - f(x_0) = xp_1(x_0) + \sum_{k=2}^{n} \frac{x_k}{k!} p_k(x_0)$$

$$(3)\ f(x_0 - x) - f(x_0) = xp_1(x_0) + \sum_{k=2}^{n} (-1)^k \frac{x_k}{k!} p_k(x_0)$$

$f, p_k \in [x], k = 1,2,...,n.$

و ارتكزت طريقة الطوسى علـــى الفكرة التالية : تصل $f(x)$ إلى نهايتها القصوى $f(x_0) = c_0$ فى النقطة x_0 ، إذا كان $P1\ (x_0) = 0$ وإذا وجد جوار لـ x_0 يكون فيه للعبارتين :

$\sum_{k=2}^{n} \frac{x_k}{k!}.P_k(x_0)$ و $\sum_{k=2}^{n} (-1)^k \frac{x_k}{k!}.p_k(x_0)$ الإشارة نفسها .

فى المعادلات من (21) إلى (25) لا يأخذ الطوسى بالاعتبار سوى الفترات التى تكون عليها $f(x) > 0$ ولا يدرس إلا النهاية العظمى لـــ $f(x)$

هذه هى الطريقة التى أدت إذن بالطوسى إلى التصور الذى سمى فيما بعد باسم "المشتق"، كما أسلفنا من قبل.عرض فرما عام ١٦٣٧ م ، لمنهجه بشكل عام نسبيًا لكن من دون التأسيس النظرى له. وفى سنة ١٦٣٨م عاد إلى ذلك المنهج نفسه. لكنّ فرما يدرس العلاقة (2) لكى يقارن بين $f(x_0)$ و $f(x_0 + X)$. وكان هدف فرما، المشابه لمشروع شرف الدين الطوسى ، هو محاولة فصل الحدود الأولى لتبسيط تايلور عن الحدود الأخرى. لأن المسألة التى اقتضت ذلك التبسيط – مسألة النهاية القصوى – تنحصر فى الحدود الأولي. ولكى يصف فرما تلك العملية، استعين بتعبير الاقتراب من المساواة. هذه الكلمة *PARISOTES* تدل على اعتبار عبارتين أو حدّين وكأنّهما متساويان مع أنهما ليستا كذلك. وكما تشهد الأمثلة التى قدمها فرما ، تؤسس هذه المقارنة ، على أساس من العلاقة (2) ، بفصل $P1(x)$ وباستنتاج الشرط التالي: قيم x التى تجعل قيمة $f(x)$ نهاية عظمى أو صغرى هى جذور المعادلة :

$$P_1\ (x_0) = 0$$

ولكى يوضح رشدى راشد الطابع الجبرى لأعمال فرما ، يورد رشدى راشد ما كتبه فرما عام ١٦٣٦ عن تقديره لطريقة تحديد أنواع المسائل المسطحة والمجسمة كافة، وكشف فرما من خلالها النقاب عن النهايات العظمى والصغرى من خلال معادلة التحليل العادي.وأكد فرما على أن البحث عن النهاية القصوى يجب أن يؤدى إلى نقطة واحدة أو إلى حدّ واحد. عند النقطة $x0$ ، فإن للعبارتين (2) و(3) الإشارة نفسها (إيجابًا أو سلبًا). تكمن المسألة إذن ، فى إيجاد طريقة لاستخلاص – من خلالها $A + E$ و $A - E$ – الحد نفسه لتمثيل A، بحيث تمثل A المذكورة ، النقطة المنصفة ويكون كل ما على جانبيها إما زيادة وإما نقصانًا بحسب بحثنا عن الكبرى أو عن الصغرى. لكن ، يبدو أن هناك طريقة لاستخلاص المعادلة نفسها من خلال $A + E$ أو من خلالها $(A - E)$. ذلك لأن $A - E$ تقدم دائمًا الحدود نفسها التى تقدمها $A + E$ ، مع تغيّر العلامات فى مواضع

القوى المفردة ، بحيث لا تتبدل المعادلة.وفى هذا السياق استعاد فِرما مثلاً رياضيًا استطاع رشدى راشد ترجمته على النحو التالي:

$$f(x) = ax^2 - x^3 \; 0 < x < a.$$

و افترض رشدى راشد أن $x = x_0$ يقدم النهاية القصوى ومن ثم يقابل بين :

$$f(x_0 + x) = a x_0^2 - x_0^3 + (2ax_0 - 3x_0^2)x + (a - 3x_0)x^2 + x^3$$

وبين : $f(x_0 - x) = a x_0^2 - x_0^3 - (2ax_0 - 3x_0^2)x - (a - 3x_0)x^2 - x^3$

فإذا كان x_0 جذرًا للمعادلة : يكون $x_0 - \frac{2}{3}$ وبالنسبة إلى X حيث $X<a$ ، يكون لدينا : $2ax_0 - 3(x_0)^2$

$$f(\frac{2a}{3} + x) - f(\frac{2a}{3}) < 0 \qquad f(\frac{2a}{3} - x) - f(\frac{2a}{3}) < 0$$

فتكون $f(\frac{2a}{3})$ قيمة عظمى .

أعلن بيار فِرما أن النهاية القصوى هى إمّا نهاية عظمى وإما نهاية صغرى تبعًا لإشارة الحد المرافق لـِ X^2 . تظهر طريقة فِرما إذن جبرية مشابهة لطريقة الطوسي، كما يظهر أنها وُضعت لمتعددات الحدود. من الجهتين المتقابلتين للقيمة القصوى تمر الدالة بقيمتين متساويتين ، بشكل يجعل المعادلة *(1)* تحوز على جذرين يحصران $x = x0$ ، عندما تكون c قريبة بشكل كاف من هذه القيمة القصوى. وعند نقطة النهاية القصوى يتساوى الجذران بحيث يكون للمعادلة جذر مزدوج. وقد امتلك شرف الدين الطوسى هذه الفكرة أو حدسها ، وأدرك بأن أية نقطة تحقق النهاية العظمى هى نقطة مزدوجة من التقاء الرسم البيانى لـِ $(x > 0 , f(x) > 0)$ مع المستقيم $y = c$. فإن تركيب شرف الدين الطوسى يكفى للبرهان على أنها طريقة فِرما.وقد أضحى تاريخ طريقة النهايتين العظمى والصغرى، منذ عمل رشدى راشد، يختلف عما كان عليه قبل تحقيق رشدى راشد ودراسته لشرف الدين الطوسى وبيار فِرما ، فقد صارت المسألة التاريخية الراهنة هى مسألة التحديد الدقيق للمسافة بين فرما والطوسي، ولتفرد فرما فى تطبيق منهجه من جهة، وللمسائل التى لم يتطرق إليها شرف الدين الطوسي. يختلف الجزء الثانى من "الرسالة" عن الجزء الأول بالموضوعات الرياضية ويتميّز عنه

بالأسلوب الرياضى . لكن اكتشاف هذا المجال الجديد الذى قدر الطوسى بالكاد بلوغ شاطئه ، كان أكبر من حدود اللغة الطبيعية. كان يقضى بصياغة لغة تناسب مفاهيمه ووسائله. هنا إذن لعب غياب الرمزية دورًا سلبيا فى تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها. وإذا كانت اللغة الطبيعية توافقت مع مقتضيات الجبر الحسابي، فإنها حالت دون توسع البحث فى التفاعل بين الجبر والهندسة. وربّما كان غياب الرمزية السبب الرئيس لانتهاء أبحاث الرياضيات العربية فى موضوع الثنائية الجدلية للجبر والهندسة.ولقد برهنّ رشدى راشد إذن على اكتشاف شرف الدين الطوسي. وغير الأفكار المسبقة عن تاريخ تزاوج الجبر والهندسة قبل القرن السابع عشر الميلادي. وعدل الرأى السائد حول نهايات الرياضيات العربية فى مجال تزاوج الجبر والهندسة.

ثالثا – أعمال ديوفنطس الاسكندرانى الجديدة

سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى إلى ظهور كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى فى القرن التاسع الميلادى بأشكال مختلفة. وأسهم كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى فى القرن التاسع الميلادى فى تطوير الرياضيات فى القرن التاسع الميلادى :

١- أسس كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى تأسيساً أولياً لتوسيع الجبر العربى من دون العودة إلى التحليل الديوفنطس القديم؛

٢- اتجه كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى نحو أبحاث جديدة فى التحليل الديوفنطى الحديث بالمعنى الذى صاغه باشيه دو مزيرياك وبيار فِرما فى القرن السابع عشر الميلادي.

فالأبحاث التى أثارتها قراءة ديوفنطس هى من أعمال الرياضيين الذين وضعوا أنفسهم خارج الجبر. وأثاروا أسلوبًا مختلفًا عن أسلوب "المسائل العددية" لديوفنطس. وسلم أغلب مؤرخى الرياضيات بأن كتاب المسائل العددية يمثل إرثًا من المسائل العددية المكافئة فى معظمها لمعادلات (أو لنظم من المعادلات) غير محددة بدَرَجَة > ٩ وذات مجهولين أو أكثر ولا تحتوى إلا على مقادير نسبية (منطقة). وحلول هذه المعادلات لا بد لها أن تكون أعدادًا نسبية موجبة وأعدادًا صحيحة إذا أمكن ، لكن لم تصغ أية شروط حول النقطة. إن المسائل العددية لم تقارب إلا أعدادًا نسبية موجبة. ولم تشر فى أية لحظة إلى الأعداد الجبرية الصماء بذاتها ولا إلى معيار لمعرفة إن كان العدد نسبيًا (منطّقا) أو أصمًا بوجه عام. وإذا درس ديوفنطس شروط معرفة إن كانت الأعداد نسبية أم لا ، فمن أجل البحث عن حل نسبى موجب وحسب. من هنا تفسر تصورات المتغير ، والوسيط ، والقوة ، والحلّ العام عمل ديوفنطس. فعندما بحث ديوفنطس فى مسألة "قسمة مربع ما إلى مربعين

آخرين" يفسر النص بأنه مسألة معادلة من الدرجة الثانية بمتغيرين مكافئة للمعادلة $x^2+y^2=a^2$. وفى أثناء حله ينسب الرياضى للمعطى a قيمة خاصة ، لذلك رأى بعضهم فى هذا تمثيلاً لوسيط ما فى الحالات المشابهة. من هنا نهضت المشكلة المركبة، أي:

(١) مشكلة المجازفة فى إشاعة فكرة أن مقدمة ديوفنطس استطاعت أن تكون مصدرًا للجبر ؛

(٢) الحيلولة دون فهم تيار آخر من الرياضيين الذين رأوا فى عمل ديوفنطس عملا حسابيا.

من هنا حقق رشدى راشد وقدم "الديوفنطس الإسكندراني، فن صناعة الجبر، ترجمة قسطا بن لوقا" (١٩٧٥) و" الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٤) و"الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٥) و"ديوفنطس: علوم العدد، الكتاب ٤" (١٩٨٤) و" ديوفنطس : علوم العدد، الكتب ٥ و٦ و٧" (١٩٨٤) و"كتاب ديوفنطس الاسكندرانى فى علم العدد" (١٩٨١). وتصدر تحقيق أعمال ديوفنطس الاسكندرانى مشروع رشدى راشد ومثل احدى علامته البارزة والأساسية[٣] .

وبين رشدى راشد للمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات وفلسفتها أن أعمال ديوفنطس الذى عاش فى الإسكندرية ومات بها مسنًا على ما يبدو فى فترة يختلف المؤرخون فى تحديدها بين ١٥٠ قبل الميلاد و٢٥٠ بعد الميلاد، كانت هى السبيل الوحيد لمعرفة الأوروبيين النصوص اليونانية عند انتقالها إلى أوروبا فى العصر الوسيط وما سمى بعصر النهضة. فلقد فقد الأصل اليونانى لبعضها ولم تبق إلا الترجمات العربية. وهناك العديد من الأمثلة من كتابات أبولونيوس وبابوس ما لم تتبعه منها إلا ترجماتها العربية كما بين مؤرخو العلوم فى القرن التاسع عشر الميلادي.

لم يُعن رشدى راشد بالتحليل الديوفنطى التقليدى الذى يشكل جزءا من الجبر إنما عَنِى بالتحليل الديوفنطسى الذى يتعلق بمجموعة الأعداد الصحيحة. لقد نشأ هذا التحليل فى القرن العاشر الميلادى لخدمة الجبر ومناهضته فى آن. فهو يتناول المثلثات القائمة الزاوية العددية ويمتد ليشمل المعادلات ونظم معادلات ديوفنطسية أصعب. من أهم النتائج كان نص افتراض فِرما فى الحالة $n = 3$ الذى حاول بعضهم إثباته.

كان هدف ديوفنطس هو التأسيس لنظرية الأعداد بوصفها تعدادا للوحدات والكسور بوصفها كميات. وهذه التصورات واردة كما هى مذكورة تماما بل تمثل أنواعا من الأعداد. وينطوى مصطلح "النوع" على قوة التعدد المحدد، وعلى قوة تعدد ما، أى غير محددة فى صورة مؤقتة، لكنها ستكون محددة دوما آخر حل المسألة : المقصود هو العدد غير المقول. وقد حدد ديوفنطس هذه العناصر والقوي، حتى القوة السادسة، فى مقدمة الكتاب الأول من الكتاب، وحدد ذلك فى صورة مختصرات لا فى شكل تمثيل رمزي. وفى الكتاب

الرابع حدد القوة الثامنة والتاسعة وإن كان لم يشر إلى القوة السابعة ولا إلى القوة الخامسة. مما يعيدنا إلى مصطلح "نوع" العدد. وهناك ثلاثة أنواع من الأعداد : ١- العدد الخطي؛ ٢- العدد المرسوم؛ ٣- العدد الجامد. هذه الأنواع تحدد "طبيعة" العدد. هى الأعداد-الأم التى تشتق منها الأعداد الأخرى كلها.

لقد ذكر المؤرخون العرب أن هناك ترجمة لكتاب ديوفنطس فى المسائل العددية. ولقد ذكر المؤرخون القدماء أن مترجم هذا الكتاب إلى العربية هو قسطا بن لوقا البعلبكى الرياضى الطبيب المتوقى حوالى ٩١٢ ميلادية . فمن كتبه "ترجمة ديوفنطس فى الجبر والمقابلة".

و كان من المعروف أن الرياضيين العرب منذ القرن العاشر الميلادى قد رجعوا إلى هذه الترجمة، أمثال أبو الوفا البوزجانى وأبو بكر الكرجي. ولقد شرح البعض مثل السموأل بن يحيى المغربى على كتاب ديوفنطس فى الجبر والمقابلة.

كانت ترجمة قسطا بن لوقا لمقالات ديوفنطس فى المسائل العددية تحت عنوان "صناعة الجبر" تحتوى على سبع مقالات كشف رشدى راشد عنها وتحت الاسم نفسه ومن ترجمة قسطا بن لوقا البعلبكى الرياضى الطبيب المتوقى حوالى ٩١٢ ميلادية، أربع مقالات فقط. وهذه المقالات الأربع كلها مفقودة فى الأصل اليوناني، كما أسلفنا.

لا نعرف الآن من مقالات ديوفنطس فى أصلها اليونانى إلا ستة مقالات من المسائل العددية وكذلك كتاب سابع عن الأعداد المضلعة. لكن ديوفنطس يقدم عمله فى فاتحة المقالة الأولى من المسائل العددية ويقول إنه سيكون مؤلفًا من ثلاث عشرة مقالة. ومن هنا ظهر التناقض بين العدد الذى ذكره ديوفنطس وما بقى من هذه المقالات، وأثار المؤرخون لأعمال ديوفنطس مشكلة عدد مقالات المسائل العددية وترتيبها وكذلك الأهمية الرياضية للمقالات المفقودة :

الموقف الأول : يرفض الترتيب الحالى للمسائل العددية فى مقالات. ولقد عبر عن هذا الرأى سنة ١٨١٧ كلوبروك؛ .

الموقف الثانى : عبر عنه سنة ٠٨٨١ شارل هنرى ويؤكد أننا لن نفقد شيئًا من مقالات ديوفنطس ، ففى الأصل كانت كل مقالة من المسائل العددية مؤلفة من اثنتين ، فجميعها هو اثنتا عشرة مقالة إن أضفنا إليها مقالته عن الأعداد المضلعة نجد الثلاث عشرة التى ذكرها ديوفنطس .

الموقف الثالث : يمكن تلخيصه بكلمات من دافع عنه سنة ١٨٤٢ نسلمان

(١) أن عدد المقالات المفقودة هو أقل مما تظنه إن تمسكنا بنسبة ٦ إلى ١٣.

(٢) أن المقالات المفقودة ليست من آخر الكتاب ولكن من وسطه وخاصة بين المقالة الأولى والثانية .

(٣) أن ضياع الترتيب القديم للكتاب يرجع إلى ما قبل القرن ١٣ – ١٤ وهو تاريخ أقدم مخطوطة يونانية عثر عليها.

الموقف الرابع : ولقد عبر عنه أول من قام بتحقيق علمى لمخطوطات ديوفنطس اليونانية : تانرى . فلقد أكد سنة ١٨٨٤ .

١- أن هناك كتبًا مفقودة؛

٢- أن هذه الكتب المفقودة هى من بعد الكتاب السادس؛

٣- أن فقدان هذه الكتب يرجع إلى فترة قريبة من شروح هيبثا لكتب ديوفنطس نحو أواخر القرن الرابع.

الموقف الخامس: وهو الذى يقبله المؤرخون المعاصرون لأعمال ديوفنطس مثل هيث وفوجل ورشدى راشد نفسه وغيرهم من المؤرخين المعاصرين، وهو برهان الترجمة العربية على خطأ الآراء الواردة فى المواقف من ١ إلى ٤ سالفة الذكر بل وعقدت الترجمة العربية المسألة. ولكن كانت تلك بداية الحل للتناقض بين العدد الذى ذكره ديوفنطس وما بقى من هذه المقالات ولمشكلة المؤرخين لأعمال ديوفنطس ولمشكلة عدد مقالات المسائل العددية وترتيبها فضلا عن مسألة الأهمية الرياضية لمقالات ديوفنطس المفقودة.

٣-١- الوضع الجديد

الترجمة العربية لا تحتوى نفسها فى الأصل إلا على سبع مقالات ليس منها إلا الأربع مقالات الأخيرة. وكل هذه المقالات مفقودة فى اليونانية. لأن فى نهاية المقالة السابعة يذكر الناسخ "تمت المقالة السابعة من كتاب ديوفنطس فى الجبر والمقابلة وهى ثمانى عشرة مسألة. وتم الكتاب والحمد لله رب العالمين". فحتى الآن ليس لدى الباحث إلا الأربع المقالات الأخيرة من الترجمة العربية لقسطا بن لوقا. ولكن الكرجى (القرن العاشر الميلادي) لخص المقالات الثلاثة الأول فى كتاب "الفخري". وبعد أن عرض الكرجى لأصول علم الجبر ينهى كتابه "الفخري" بطبقات من المسائل العددية ، بخمس طبقات من هذه المسائل وما يقوله القارئ القديم يعنى أن الطبقة الرابعة منها مقتبسة من مقالات ديوفنطس وبنفس الترتيب الذى اتبعه الرياضى الأسكندرانى وكذلك بعض مسائل الطبقة الثالثة.

من هنا بين رشدى راشد أن الترجمة العربية لقسطا بن لوقا هى الترجمة المذكورة فى كتب الطبقات. من هنا ناقش رشدى راشد من جديد مسألة عدد وترتيب كتب ديوفنطس. وذلك بشرط أن يكون الكرجى لم يتوقف فى إتباع ديوفنطس على الطبقة الرابعة بل تعداها إلى طبقات أخرى لأن الطبقة الرابعة مقتبسة من المقالة الثالثة غير الواردة فى الترجمة العربية لقسطا بن لوقا. تتبع الطبقة الخامسة من كتاب "الفخري" للكرجى

المقالة الرابعة من مقالات ديوفنطس. إن المقالة الرابعة من مقالات ديوفنطس كما هى الآن هى التى قرأها الكرجى ، ومن ثم فالترجمة العربية لقسطا بن لوقا هى الترجمة التى تذكرها كتب الطبقات. ولكن هذه المقالة الرابعة نفسها تختلف تمامًا عن المقالة الرابعة فى النص اليونانى ، كما تختلف المقالات الخامسة والسادسة والسابعة عن الخامسة والسادسة والسابعة اليونانية. فهل هذا هو الحال فى المقالات الأول - الأولى والثانية والثالثة - التى لا ترد بعد فى ترجمتها العربية ؟ اعتمد رشدى راشد تلخيص الكرجى لمقالات ديوفنطس وأمكنه أن يعتبر المقارنة بين كتاب "الفخري" للكرجى وبين مقالات ديوفنطس كالمقارنة بين الترجمة العربية وبين النص اليونانى الراهن من جهة طبيعة المسائل وترتيبها.

بين رشدى راشد أن الطبقة الخامسة من كتاب "الفخري" للكرجى مقتبسة من المقالة الرابعة من ديوفنطس. إن الطبقة الرابعة من الكرجى مقتبسة من مقالات ديوفنطس اقتباسا مرتبا. والطبقة الرابعة من الكرجى مقتبسة من المقالة الثالثة من ديوفنطس. ومسائل هذه الطبقة مقتبسة من المقالة الثالثة من ديوفنطس كما هى فى اللغة اليونانية. وتتفق الترجمة العربية والأصل اليونانى فى المقالة الثالثة. ويرجع ديوفنطس فى حله للمسألة السابعة من المقالة السابعة من النص العربى إلى المسألة السادسة من المقالة الثالثة. هذه هى المسألة نفسها فى النص اليوناني. هذا الاتفاق وارد أيضا بين المقالة الثانية فى نصها اليونانى وترجمتها العربية وبالمنهج نفسه. ومن خلال تحقيق تانرى للنص اليونانى تحتوى المقالة الثانية على خمسة وثلاثين مسألة السبعة الأول منها تنتسب إلى ديوفنطس انتسابا مضطربا.

وهكذا استطاع رشدى راشد أن يؤكد :

(١) أن المقالتين ، الثانية والثالثة ، تتفقان فى الأصل اليونانى والترجمة العربية؛

(٢) أنه ليس بالإمكان أن يتبع هذه المقالة إلا المقالات الخامسة والسادسة والسابعة من الترجمة العربية، نتيجة لطبيعة مضمون المقالة الرابعة فى الترجمة العربية وبسب طريقة ديوفنطس فى العرض والانتقال من الأسهل إلى الأصعب؛

(٣) أن أقدم مخطوطة من كل مخطوطات ديوفنطس الموجودة هى المخطوطة العربية. وهى تتبع هذا الترتيب؛

(٤) أن المقالات الخامسة والسادسة والسابعة من النص اليونانى ليست فى موضعها الصحيح إنما ينبغى دراسة المقالات الخامسة والسادسة والسابعة والأولى من النص اليونانى دراسة نقدية جديدة.

(٥) أن ترتيب مقالات ديوفنطس فى نصها اليونانى ليس هو الترتيب الصحيح.

وبعد هذا العرض عاد رشدى راشد إلى تحليل مضمون هذه المقالات بالتفصيل كل على حدة وتباعا ولكنه نبه إلى أن استعماله للرموز الجبرية هو للتيسير والاقتصاد الذهنى وحده. فديوفنطس لم يدرس دراسة جبرية مثل الكرجى ولكنه درس دراسة عددية وحسب. فهو إذا لم يستعمل المتحولات التى تعبر عنها الرموز الجبرية التى يستعملها رشدى راشد، فإن كان قد استعمل بعض الوسائل الجبرية فهذه الوسائل لم تكن إلا أدوات ولم تنقلب إلى مفاهيم جبرية إلا بعد أعمال الخوارزمى وشجاع بن أسلم وغيرهم من علماء الرياضيات. ففى ضوء الجبر الجديد، رأى قسطا بن لوقا فى ترجمته لديوفنطس أن يقرأه بروح عصره ويدخل فى الترجمة نفسها ألفاظًا لم يكن من الممكن أن تخطر ببال ديوفنطس. من هنا أدخل قسطا بن لوقا كلمة الجبر فى العنوان وكلمة الجبر والمقابلة فى أغلب صفحات الترجمة العربية.وما يقوله رشدى راشد يختلف تمامًا عما يكرره كثير من المؤرخين مثل هيث حينما يلصقون بشكل عام وغامض اسم ديوفنطس بالجبر وما يقوله رشدى راشد هو أن أعمال ديوفنطس لم تكن جبرية ولكنها كانت تحتوى على أدوات جبرية أفاد منها الخوارزمى ومن اتبعه فى الجبر. فديوفنطس لم يبحث مثل الجبريين عن كل الأعداد التى تحقق القضية ق، ولكن بالعكس يريد "أن يجد عددًا يكون .. الخ". وهذا يعنى أنه يريد أن يجد عددًا معينًا أو عددًا واحدًا . فديوفنطس يبحث عن مثل عن عدد معين وليس عن الحالة العامة مثل الجبريين فى بداية الجبر وما بعدها، بل استطاع رشدى راشد أن يذهب إلى أبعد من ذلك ويقول إن طريقة ديوفنطس هى عكس طريقة الجبريين من الناحية المعرفية. إن نقطة بداية ديوفنطس هى ما ينتهى إليها عادة الجبريون، وهى إيجاد القيمة العددية. فالجبرى يبدأ بالرد على السؤال : ما هى الأعداد التى تحقق خاصية معينة؟ ينتهى الجبرى إلى إيجاد قيمة عددية محددة. ويبدأ ديوفنطس بإيجاد قيمة عددية محددة. ديوفنطس يبدأ بالرد على السؤال : ما هى الخاصية المعينة للأعداد؟

ولكن ديوفنطس يستعمل فى خلال حله لهذه المسائل العددية وسائل صارت فيما بعد أدوات للجبر منها : استبدال مجهول بمجهول إضافى ، الاختصارات الجبرية ، ضرب القوى وقسمتها حتى القوة التاسعة ، حساب ذى الحدين من الدرجة الثالثة ... تمثيلا لا حصرا. ولقد كانت هذه الأدوات بالغة الأهمية عندما طبق الكرجى الحساب على الجبر وجدد الكرجى الجبر كحساب للمجهولات.

و لابد أن لا يغيب عن البال أن المقالات التى قدم لها رشدى راشد هى التى تبين ما لم يكن معروفًا بدقة من قبل، يعنى مدى اتساع هذه الوسائل الجبرية عند ديوفنطس وتجيب على السؤال : كيف حل ديوفنطس معادلات غير معينة من درجة أعلى من الدرجة الثانية؟ كيف وضع شروطًا لحل بعض المعادلات الغير

معينه؟ حتم الجواب الاستعانة ولو التجريبية بحل معادلات الدرجة الثالثة كما هو وارد فى المقالة الخامسة. إن المقالات التى حققها رشدى راشد تغير ما كنا نعرفه عن مدى اتساع وسائل ديوفنطس التى صارت أداة فى يد الجبريين العرب.

رابعاً : الكرة المحرقة ودراسة الفارسى الكمية

سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب إلى أن هدف كمال الدين الفارسى من الأعداد المتحابة كان إعادة إثبات برهان نظرية ابن قرة. لم تجد الأعداد المتحابة النظرية التى تستحقها قبل أعمال ثابت ابن قرة. و"العدد التام" بالمعنى الإقليدى هو موضوع نظرية ظهرت فى نهاية المقالة التاسعة من كتاب "الأصول" لأقليدس، إذ إن القضية السادسة والثلاثين من المقالة التاسعة من كتاب "الأصول" لأقليدس، حول الأعداد التامّة بدت فى البدء فى مظهر نظري. وبقى التساؤل عن الأسباب التى دعت اليونانيين للاهتمام بهذه المسائل. وظهرت فرضية هيلتش (*Fr. Hultsch*) فى نهاية القرن التاسع عشر الميلادى وكانت ترجمة نظرية لطرائق الحساب العددى منذ المصريين . لكن الوضع اختلف فى الأعداد المتحابة، إذ لم يجد رشدى راشد أية إشارة إلا فى شهادات متأخرة صوفية وجمالية. من أشهر مؤلفى تلك الشهادات جمبليك (*Jamblique*) الذى رد، كثابت بن قرّة، معرفة هذه الأعداد إلى فيثاغوراس.من هنا مثلت معرفة أصل نظرية الأعداد ومتابعة تسلسلها فى القرنين السادس عشر الميلادى والسابع عشر الميلادي، معرفة إشكالية. وبدل أن يلجأ المؤرخ إلى تحديد هذه المشكلة يتخطى القرون ويضع باشيه دو مزرياك أو بيار فِرما بعد إقليدس وديوفنطس. فالمؤرخ، فى هذه الحال، لا يجتزئ التاريخ وحسب بل يزيف تقدير النتاج المجدد لهذا أو ذاك من حسابى القرنين السادس عشر الميلادى والسابع عشر الميلادي. منذ القرن التاسع عشر ظل ليونارد دو بيز المعروف بفيبوناتشى يعطل الجواب على هذه الأسئلة. فنصه البحثى الذى يحتوى على نتائج نظرية الأعداد كان قد عرفه الرياضيون مثل لوقا باشيولى . ولا ينكر رشدى راشد أن فيبوناتشى كان يعرف الرياضيات العربية ، كما أن معرفة تاريخ هذه الرياضيات تؤسس لطرح مسألة أسلوب هذا العلم والمساهمة المجددة للقرن السابع عشر الميلادي. ثمة واقعتان تبرزان ضد الطرح العنصري، كشفت عنهما فى القرن التاسع عشر الميلادى أعمال ويبكو وكان بإمكانهما تنبيه المؤرخين وهما: الحالة الأولى لمبرهنة بيار فِرما ومبرهنة ثابت بن قرة عن الأعداد المتحابّة. لقد برهن رشدى راشد عدم دقة وجهة النظر هذه حول تاريخ نظرية الأعداد فى التحليل الديوفنطى للأعداد الصحيحة. رأى التحليل الديوفنطى للأعداد الصحيحة النور فى القرن العاشر الميلادي. وقد تشكل بفضل الجبر الموسع منذ الخوارزمى وضده وبمساعدة قراءة إقليدية غير ديوفنطية للمسائل العددية لديوفنطس التى كاد قُسطا بن لوقا أن ينهى ترجمتها. وقد عرض رشدى راشد لمساهمة

للخجندى والخازن وابن الهيثم ، وغيرهم فى القرن العاشر الميلادى فى إعداد التحليل الديوفنطى الصحيح. وهناك مجال آخر من نظرية الأعداد وهو فصل شديد الارتباط بـــكتاب "الأصول" لإقليدس ، أى دراسة أجزاء القواسم التامة ، وهى دراسة ضرورية لدراسة الأعداد التامة والأعداد المتحابة بشكل أساسي.

فى هذا السياق، أسس كمال الدين الفارسى البرهان الجديد لنظرية ابن قرة، على معرفة منهجية لقواسم العدد الطبيعى والعمليات التطبيقية، مما قاده إلى إعادة تنظيم جذرية لهذا الفصل من نظرية الأعداد. فقد تجاوز كمال الدين الفارسى تغيير الحساب الإقليدى إلى إيجاد موضوعات جديدة فى نظرية الأعداد. وكان عليه تعميق ما كان ابن قرّة قد قاربه وبخاصة التحليل إلى عوامل توافقية وطرقها. كان من الضرورى إذن التحقيق فى تحليل عدد طبيعى إلى عوامله لإدخال الطرق التوافقية ومعرفة عدد القواسم أو القواسم الفعلية. كان هدف كمال الدين الفارسى من الأعداد المتحابة هو بالتالى الاتجاه نحو دراسة جديدة للدوال الحسابية الأولية. وانفتح بحث كمال الدين الفارسى على ثلاث قضايا لإيراد ما سمى بعد ذلك بمبرهنة الحساب الأساسية.

فى هذا الإطار كان لشرح كمال الدين الفارسى (المتوفى ٧١٨ هـ/ ١٣١٩م) - "تنقيح المناظر" - وضع محدد فى تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها[٤] . فهو لم يقصد من "تنقيح المناظر"، تكرار بحث ابن الهيثم فى المناظر ، بل لخص نصه وصوبه. وأسهم فى أغناء المصطلحات العلمية فى المناظر، إذ إن مصطلحه لم يكن مطابقًا تمامًا لمصطلح ابن الهيثم. وقد قرأ مناظر ابن الهيثم فى السياق العام للبحث العلمى فى نظرية الأعداد، والجبر ، والمناظر بوجه خاص. وقد شرح كتاب المناظر لابن الهيثم تحت عنوان "تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر". هذا التنقيح ، بحسب تعبير الفارسى ، ينتهى بتعقيب على رسالة الكرة المحرقة لابن الهيثم . ولكتاب الفارسى - "تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر"- أهمية على غير صعيد. فهو يوضح كيف فهم خلف ابن الهيثم مساهمته ، وحدود فهمهم له ، والانعطاف الذى أحدثوه على كتاب المناظر. وكان لهذا النص دور رئيس فى التقدم الذى أحرزه الفارسى فى تفسير قوس قزح والهالة. وتابع الفارسى الكتابة بشرح ثلاث رسائل أخرى لابن الهيثم، فى كيفية الظلال ، وفى صورة الكسوف ، ومقالة فى الضوء. إن بحث ابن الهيثم الهندسى لنقطة التقاء الشعاع المنكسر EA بالشعاع GB وهو الناظم على الكرة ، تمثيلا لا حصراً، هو بحث صحيح ، على عكس النتائج الفيزيائية. ويرجع الخطأ كما يشرحه مصطفى نظيف إلى أن ابن الهيثم يعتبر موضع الخيال على العمود الواقع من النقطة المبصرة على السطح عند نقطة التقاء المنعكس إلى البصر أو المنعطف إليه بالعمود المذكور . وليس هذا صحيحًا إلا فى الانعكاس عن السطوح المستوية أو عبر المستوية ، فلا يصح إلا إذا كانت نقاط السقوط قريبة جدًا من مسقط العمود الخارج من مركز البصر ،

قائمًا على السطح. وقد وجه كمال الدين الفارسى الانتقاد نفسه لابن الهيثم قبل ستة قرون من نقد مصطفى نظيف. وعلى الرغم من عدم الدقة هذه ، تبقى لدراسة ابن الهيثم أهمية خاصة ، إذ أنها الدراسة الأولى عن الكاسر الكروى ، وقد قاربت انتشار الضوء داخل الكاسر بقدر ما تناولت الصورة وموضعها.

وكان تعليق الفارسى على رسالة "الكرة المحرقة" لابن الهيثم هو المصدر الوحيد لتعرّف مؤرخى البصريات العصريين عليها. ويتفق الجميع على اعتبار رسالة ابن الهيثم هذه كإحدى قمم البحث البصرى الكلاسيكي. يستعيد ابن الهيثم فيها ، وبدقة أكبر ، بعض نتائجه السابقة للعدسة الكروية. كما يعود إلى مسألة الإحراق بواسطة العدسة ، وهو ما أسس لمتابعة تطور فكر ابن الهيثم حول العدسة الكروية ، وذلك من خلال دراسة كيفية عودته إلى مسألة الإحراق بالانكسار ، وهى المسألة التى سبق لابن سهل أن طرحها. وغالبًا ما ينقل الفارسى نقلاً حرفيًا أفكار ابن الهيثم ليفسر بعد ذلك تفسيراً خاصاً، حيث دفع البحث الانكسارى نحو مزيد من الدقة. فلم يقتصر عمل الفارسى على التعليق بالمعنى المألوف للكلمة ، بل نراه يتصرف فى مجمل مناقشته أعمال ابن الهيثم كأفضل من فهم طريقة العالم ، وعرف كيفية استعمالها ليدفع قدمًا إلى الأمام بعض فصول البصريات : كقوس قزح والهالة، تمثيلا لا حصراً.

يبدو أن الوصف الكمى لم يكن فى عصر ابن الهيثم معيارًا إجباريًا. لم تكن الأجهزة التجريبية فى ذلك الوقت تقدر أن تعطى إلا قيمًا تقريبية ؛ وبهذه الصفة استخدم ابن الهيثم القيم العددية المقتبسة من كتاب المناظر لبطليموس. وعاد الفارسى بعد ذلك التاريخ إلى ذلك البحث الكمى وطوره.

فى تعليقه على رسالة "الكرة المحرقة" لابن الهيثم ، ركز كمال الدين الفارسى بوجه خاص على الدراسة الكمية التى بدأها ابن الهيثم. والنص الذى يخصصه لهذا الموضوع يعتبر عند المؤرخين أحد أكثر النصوص تأثيرًا فى تاريخ البصريات ، إذ فيه احدى أكثر الدراسات البصرية توسعًا فى تلك الحقبة ، بل فيه بعض التمثيلات الدالية قبل تطور نظرية الدوال . يبتدئ الفارسى هذا القسم بمقولات حول العلاقات بين زوايا السقوط والانحراف والانكسار ، وحول فروق من المرتبة الأولي. ويُتبعها الفارسى بجدول ، يدرس فيه القيم العددية لهذه المقادير فى حال زوايا السقوط الواقعية بين $0°59$ و$89°59$ من خمس درجات إلى خمس أخر مذكرًا بأنه استعان ، فى هذا الحساب ، على شاكلة طريقة "قوس الخلاف". وكانت معلومات المؤرخين عن هذه الطريقة مقتصرة على اسمها ، وكان المؤرخون يحاولون تحديدها من القيم العددية فى هذا الجدول. وهكذا إلى أن اكتشف المؤرخ حاشية فى احدى مخطوطات "تعليق" الفارسى ، وهى على الأرجح للمؤلف نفسه ، تفسر تلك الطريقة الاستكمالية المستعارة ، كما يوحى اسمها، من علم الفلك. وأضحى بإمكان رشدى راشد تحقيق "تعليق" الفارسى ودراسته.

٤-١- ابن سهل

فرضت أعمال ابنْ سهل البصرية ، وبصورة خاصة رسالة ابن سهل عن الحراقات إعادة بناء تاريخ علم الانكساريات عشية مساهمة ابن الهيثم الرئيسة فى علم المناظر. إذ لم يعد جائزًا -بعد الكشف عن ابن سهل- تقديم مساهمة ابن الهيثم الرئيسة كامتداد لكتاب المناظر لبطلميوس وحده وبوصفها تتعارض مع كتاب المناظر لبطلميوس، فى آن معاً ، إذ رسمت أعمال ابن سهل البصرية ، وبصورة خاصة رسالته عن الحراقات الجديدة، هيكلاً جديدًا لقراءة تراث ابن الهيثم من جديد. وكشفت أعمال ابن سهل عن موضوعات للبحث درسها ابن الهيثم، ولكن أعمال ابن سهل غابت عن بال المؤرخين الذين لم ينظروا إلى دراسات ابن سهل حول الكواسر والعدسات إيمانًا منهم بانتماء دراسات الكواسر والعدسات إلى عصر القرن السابع عشر الأوروبى الحديث.

خصص ابن الهيثم المقالة السابعة من كتاب المناظر، للانكسار. ولا يمكن دراسة الانكساريات عند ابن الهيثم من دون دراسة هذه المقالة. فتطرق رشدى راشد إلى أكثر أبحاث ابن الهيثم الانكسارية تقدمًا ، أى إلى أبحاث المقالة السابعة وقد خصصها ابن الهيثم للكواسر والعدسات. لذلك اقتصر رشدى راشد فى دراسة ابن الهيثم فى الانكسار ، على عرض أكثر الاستنتاجات أهمية.وبرهن ابن الهيثم فى المقالة السابعة من كتاب المناظر التى خصصها للانكسار ، على وجود الشعاعين الساقط والمنكسر ، والناظم فى نقطة الانكسار ، فى المستوى نفسه. من جهة أخري، برهن ابن الهيثم بأن الشعاع المنكسر يقترب من الناظم إذا نفذ الضوء من وسط أقل كمدةً إلى وسط أكثر كمدةً ، وصح عنده العكس، أى أن ابن الهيثم برهن على أن الشعاع المنكسر يقترب من الناظم إذا نفذ الضوء من وسط أكثر كمدةً إلى وسط أقل كمدةً.و قد صاغ ابن سهل وبطلميوسهذا القانون. ولكونه هندسيًا ، يكتفى ابن سهل بالصياغة النظرية للقانون وبتطبيقاته ، بينما يتحقق ابن الهيثم منه بالتجربة ؛ وفى حين يتابع الهندسى ابن سهل فيصل إلى قانون سنيلليوس ، يكتفى ابن الهيثم الفيزيائى بالنسب بين زوايا السقوط وزوايا الانحراف ، ليصوغ لها القواعد ويتحقق منها بالتجربة، وكأن الضرورة التجريبية لعصر ابن الهيثم قضت بالتقهقر النظري. وأورد ابن الهيثم القواعد التالية :

١- تتغير زوايا الانحراف d بشكل مباشر مع زوايا السقوط i : فإذا كانت $I'>i$ فى وسط n_1 ؛ يكون $d'>d$ فى الوسط n_2 .

٢- إذا زادت زاوية السقوط بمقدار ما ، تزيد زاوية الانحراف بمقدار أقل : إذا كان $I'>I$ و$d'>d$ ، يكون معنا $d'-d<I'-i$.

٣- تزيد زاوية الانكسار بزيادة زاوية السقوط : فإذا كانت $I'>i$ ، نحصل على $r'>r$.

٤- إذا نفذ الضوء من وسط أقل كمدة إلى وسط أكثر كمدةً ، $n_1 < n_2$ ، يكون معنا $d < i/2$ ؛ وفى الانتقال المعاكس ويؤكد أنه ، إذا دخل الضوء من وسط n_1 ، بحسب زاوية السقوط نفسها ، إلى وسطين مختلفين n_2 وn_3 ، عندها تختلف زاوية الانحراف d لكل من هذين الوسطين ، بحسب اختلاف الكمدة. فتكون تمثيلا لا حصراً، $d_3 > d_2$ إذا كانت n_3 أشد كمدة من n_2 ، أو إذا كانت n_1 أشد كمدة من n_2 التى هى أشد كمدة من n_3 .، يكون معنا $d < (i+d)/2$ ونحصل على $2i > r$.

٥- استعاد ابن الهيثم القواعد التى نصّها ابن سهل فى رسالته البرهان على أن "الفلك ليس هو فى غاية الصفاء" وعلى عكس ما اعتقده ابن الهيثم عند صياغته القواعد السابقة -تغير زوايا الانحراف، زيادة زاوية السقوط، زيادة زاوية الانكسار، نفاذ الضوء، قواعد ابن سهل- رأى رشدى راشد أن هذه القواعد الكمية ليست صحيحة بوجه عام. فهذا هو شأن الحالتين الثانية -زيادة زاوية السقوط- والرابعة -قواعد ابن سهل-. لكنها تصمد جميعاً أمام الاختبار التجريبى ضمن حدود الظروف التجريبية التى استخدمها ابن الهيثم فى الأوساط الثلاثة ، الهواء والماء والزجاج ، وبزوايا سقوط لا تتعدى ٨٠°.

٦- صاغ ابن الهيثم مبدأ الرجوع المعاكس (العودة المتطابقة) الذى عرفه أسلافه وطبقوه .

هذه هى قواعد الانكسار كما استعملها ابن الهيثم.

٤-٢- الكاسر الكروي

أما دراسات ابن الهيثم عن الكواسر والعدسات، فقد قارب الكاسر الكروى فى المقالة السابعة من "المناظر". وقد لاحظ رشدى راشد أولاً أن هذه الدراسة تندمج فى فصل مسألة الصورة ، وليست بالتالى مستقلة عن مسألة الرؤية. وميز ابن الهيثم حالتين ، بحسب موضع المنبع ، وهو نقطة ضوئية على مسافة متناهية ، تكون إما من الجهة المقعرة أو من الجهة المحدبة لسطح الكاسر الكروي.ودرس رشدى راشد هذين الوضعين تباعًا، بدءًا بالحالة التى يأتى فيها الضوء المنكسر من نقطةB موجودة فى الوسط الأكثر كمدة، نحو نقطة A، موجودة فى الوسط الأقل كمدة، ويكون تحدّب الكرة لجهةA.

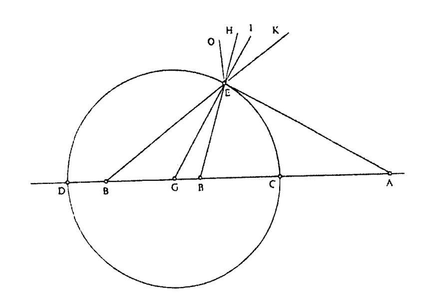
لتكن G مركز الكرة. يذكر ابن الهيثم أن انكسار شعاع منطلق من B وينكسر نحو A ، يحتم وجود النقاط A , B وG فى مستوٍ متعامد مع السطح الكروي. فإذا كانت النقاط A , B وG موجودة على الخط المستقيم

نفسه، فكل مستوٍ يمر فى AB يفى بشروط المسألة ؛ أما إذا كانت غير ذلك، فإنها تحدد مستويًا قطريًا، وبالتالى متعامدًا مع السطح الكروى .

درس ابن الهيثم ، تباعًا ، حالتين تبعًا لانتماء النقطتين A و B إلى القطر نفسه أو عدم انتمائهما له. افترض رشدى راشد أولاً أن A و B هما على القطر CD نفسه. هنا برهن ابن الهيثم أن BC وحده ينفذ إلى A من دون أن ينكسر ؛ وعندما تكون B على $[C, D]$ ، فإنها لا ترى إلا من النقطة C باتجاه BCA ، وللبرهان على هذه النتيجة ، يعرض ابن الهيثم للحالات التالية :

إذا كانت $B = G$ ، فكل شعاع ينطلق من B هو عمودى على الكرة ولا ينكسر؛ وشعاع BC وحده يمتد إلى العين A؛

إذا $B \in]G, C[$ ، ينكسر أى شعاع BE مبتعدًا عن الناظم باتجاه EO ولا يمر فى A.



إذًا $B \in]D, G[$ ، عندما لا ينكسر BE نحو النقطة A . لبرهان هذه الحالة، افترض ابن الهيثم أن BE ينكسر فى E طبقًا لـــEA ؛ فتكون زاوية الانحراف $KEA=d$ فى هذه الحالة تكون زاوية خارجية للمثلث EBA،وتون بالتـــالـــى $\measuredangle KEA > KBG$. لكـــن $GE>GB$، أى أن $\measuredangle EBG > \measuredangle BEG$، حيـــث إن : $\measuredangle KEA > \measuredangle BEG$ ؛ وهذا يعنى أن $d>i$؛حيث إن : $\measuredangle IEA=r=d+i>2i,$ وتمتنع هذه النتيجة بنظر ابن الهيثم، إذ برأيه أن $d<I$ ؛ كما أشار سابقًا . نذكر مجددًا أن هذه النتيجة ليست عامة ، ولكنها صحيحة بالنسبة إلى وسطى ابن الهيثم الهواء- الزجاج ، حيث $n=3/2$.

ثم درس رشدى راشد الحالة الثانية حيث لا تكون A و B على القطر نفسه. يأخذ ابن الهيثم B داخل الكرة، ويكون المستوى DAB قطريًا، إذا انكسر شعاع منطلق من B فاتجه نحو A ، يكون بالضرورة فى هذا المستوى. برهن ابن الهيثم على انه إذا انكسر شعاع BE واتجه نحو A يكون وحيدًا. افترض وجود شعاع

آخر BM ينكسر فى M مختلفة عن E ويتجه نحو A. يقطع الشعاع GE الشعاع BM فى S. لتكن H و N على امتدادى BE و BM على التوالي.

$\measuredangle BEG = \measuredangle HEI = i,\ \measuredangle HEA = d,\ \measuredangle GEA = \pi - r,\ \measuredangle BEA = \pi - d.\ \therefore$

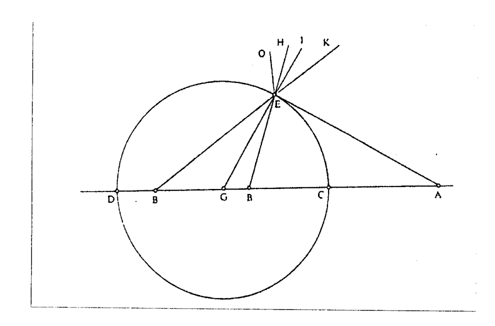
$\measuredangle BMG = \measuredangle NML = i_1,\ \measuredangle NMA = d_1,\ \measuredangle GMA = \pi - r_1,\ \therefore$

$\measuredangle BMA = \pi - d_1.\ \therefore$

يأخذ رشدى راشد المثلثين BEA و BMA ، إذا $i<i_1$ ، عندئذ $d<d_1$ وبالتالى $\measuredangle BEA < \measuredangle BMA$ ، وهذا مستحيل؛ وإذا كانت $i>i_1$ ، عندئذ $\measuredangle HEL>NML$ أو $\measuredangle GEB> \measuredangle GMB$ ، ولذلك $\measuredangle\measuredangle MGE> MBE$ ، إذ لـديـنا فـى الممثلـيـن BES و MGS : $\measuredangle MGE- \measuredangle MBE= \measuredangle GEB- \measuredangle GMB$ أو $\measuredangle GMB+ \measuredangle MGE= \measuredangle GEB+MBE$؛ لذلك : $\measuredangle MGE=EM$ و $\measuredangle MBE=1/2(EM+PO)$ ، فـإذا كانت $\measuredangle MGE> \measuredangle MBE$ ، يصبح $2EM>EM+OP$ و $\measuredangle MGE - \measuredangle MBE = 1/2\ (EM=PO)<1/2(EM+PO)$ ، إذن $\measuredangle GEB- \measuredangle GMB< \measuredangle MBE$ $\measuredangle MGE - \measuredangle MBE< \measuredangle MBE < \measuredangle MGE$ ،إذن: $\measuredangle HEI- \measuredangle NML < \measuredangle MBE$ أى $(i-i_1< \measuredangle MBE)$ ، إذًا : $\measuredangle HEI - \measuredangle NML < \measuredangle MBE$ أى أنّ

$(i-i_1< \measuredangle MBE)$. لــــذلـــك $HEA- \measuredangle NMA < \measuredangle MBE$ ، لأن $(d-d_1<i-i_1)$ وبالتـــالى :

$\measuredangle AMB- \measuredangle AEB = (-d_1)-(-d)=d-d_1< \measuredangle MBE$ وهــذا أمــر مستحيــل لأن :



$\measuredangle AMB - \measuredangle AEB = \measuredangle EMB + \measuredangle EBM$.

أن يكون معنا: $\measuredangle HEI - \measuredangle NML < \measuredangle MBE$ أى $(i-i_1 < \measuredangle MBE)$ لذلك $\measuredangle A - \measuredangle NMA < \measuredangle MBE$، لأن $(d-d_1 < i-i_1)$. وبالتالى : $\measuredangle AMB - \measuredangle AEB = (-d_1) - d) = d-d_1 < \measuredangle MBE$ وهذا أمر مستحيل لأن: $\measuredangle AMB - \measuredangle AEB = \measuredangle EMB + \measuredangle EBM$.

واستخلص ابن الهيثم امتناع وجود شعاع غير BE ينطلق من B وينكسر نحو A . وهذه الخلاصة- لا يوجد شعاع غير BE ينطلق من B وينكسر نحو A- ليست تصح صحة عامة بل تصح ، حسب شرح رشدى راشد، للنقاط الواقعة على مقطع $[B_1,B_2]$ من المستقيم AD . ودرس رشدى راشد كابن الهيثم ، حالة الزجاج، $n>1$ ، وافترض $GA=1$ ، α_1 زاوية شعاع مماس للكرة . لـدى رشدى راشد $1>R$ ولتكن $\alpha = \measuredangle GAE$ زاوية الشعاع AE ، لدينا $(0<\alpha<\alpha_1)$ و $\sin\alpha = R/1$. وترتبط الزاويتان α و i التى تساوى الزاوية AEH بالعلاقة : $1/\sin i = R/\sin\alpha$:

إن حلول ابن الهيثم فى دراسته الكرة المحرقة ، ولاسيما تلك التى تمسّ وضع نقطة الانكسار الثانية، لم تدفعه إلى إعادة النظر فى الاستنتاج الذى أشار إليه رشدى راشد حول وضع نقطة الانكسار الثانية.وبين رشدى راشد أن ابن الهيثم برهن أن سقوط الشعاع IM بزاوية i وانكساره تبعًا لـMB يرسم قوسًا $CB = 2r - i = i - 2d$، وعلى أساس من قيم بطلميوس ، كشف ابن الهيثم فى حالتى $i = 40°$ و$i = 50°$ أنCK $2r - i = 10°$، فحصل على النقطة K نفسها فى كلتا الحالتين. غير أنه فى $n = 3/2$،

$$I=40°, 2r-i \cong 10°44';$$
$$I=50°, 2r-i \cong 11°26';$$

وإذا افترضنا :

$$(1)\ \overline{CB} = 2r - i = r - d = \varphi\ (i),$$

يرى الباحث للدالة φقيمة عظمى عند زاوية السقوط $i = i° = 49°\,48'$

ثم أثار رشدى راشد السؤال الإشكالى : ما الأسباب التى دفعت ابن الهيثم لاعتماد النقطة k نفسها لزاويتى السقوط $40°$ و$50°$ ؟ هل اعتمد ابن الهيثم قيم بطلميوس العددية من دون إعادة لقياسها ؟ هل الوسائل التجريبية التى بحوزة ابن الهيثم حالت دون بلوغ دقة أكبر ؟

أشار رشدى راشد، من جهة أخري، إلى أن ابن الهيثم لم يدرس موضع النقطة B فى حالة وقوع i بين $40°$ و$50°$، أى سلوك الدالة φ على هذا المجال. وفى هذه النقطة تحديدا تدخل الفارسى ليدقق هذه التغيرات لكل من d وr وبالتالى للقوس CB . بدأ الفارسى بدراسة الفرق من المنزلة الأولى $\Delta(2r-i)=\Delta r-\Delta d$: ليستنتج وجود زاوية "الفصل" ، كما سماها ما بين $40°$ و$50°$ بحيث :

إذا كانت $i<i+\Delta i<i_0$ يكون $\Delta r>\Delta d$ والفرق $\Delta r-\Delta d$ يتناقص ويميل إلى الصفر عندما تميل i إلى i_0 .

وإذا أخذنا : $i_0<i<i+\Delta i$ فيكون $\Delta r<\Delta d$ وتزيد $\Delta d-\Delta r$ مع زيادة i. يكون معنا إذاً : $\Delta(r-d)=\Delta(2r-i)>0$ فى الحالة الأولى، و$\Delta(r-d)<0$ فى الحالة الثانية.

و هذا ما يبين قيمة عظمى عند القيمة i_0 لزاوية السقوط .

ثم أعد الفارسى جدوله ودرس قيم $\Delta r,r,d$ وΔd تبعًا لتغير i ثم قسم الجدول إلى قسمين، حسبمـــا تكـــون i $i_0 >$ أو $i_0 > i$. وسجل رشدى راشد أن نتائج الفارسى تتطابق مع نتائج بطلميوس بالنسبة إلى قيم زوايا السقوط المأخوذة من $10°$ إلى $10°$ بدءاً من $40°$ إلى $90°$ ، وتغيب هذه المطابقة للزوايا التى هى دون $40°$ عاد رشدى راشد إلى طريقة الفارسى فى إنشاء هذا الجدول ، وهى الطريقة التى يصفها بـــالطريقة "الدقيقة"، لتحديد أسباب ذلك التباين.

كان هدف الفارسى هو حساب d للزوايا المتغيرة من خمس درجات إلى خمس درجات ، من الصفر وحتى $90°$ ، وبوجه أعمّ ، للزوايا التى تتغير من درجة إلى درجة على المجال نفسه. غير أنه ألزم هذا الحساب إلزامين. الإلزام الأول هو التأسيس على معطيات بطلميوس لـ $i = 40°$ و$i = 50°$ ، تمامًا كما أسس ابن الهيثم ، والإلزام الثانى هو تطبيق المتباينة $i/4 < d < i/2$ المدرجة عند ابن الهيثم.ويؤدى هذان الإلزامان إلى مجموعة أولى من القيم :

$$i \cong 0° \frac{d}{i} \cong \frac{1}{4} = 0°15'$$

$$i \cong 40° \frac{d}{i} \cong \frac{3}{8} = 0°22'30''$$

$$i \cong 50° \frac{d}{i} \cong \frac{2}{5} = 0°24'$$

$$i \cong 90° \frac{d}{i} \cong \frac{1}{2} = 0°30'$$

قسم الفارسى المجال $[0.90°]$ إلى 18 مجالاً صغيرًا ، وزعها على مجموعات ثلاث : 8 مجالات من صفر إلى $40°$ ، مجالين من $40°$ إلى $50°$ و8 مجالات من $50°$ إلى $90°$. فيكون متوسط زيادة d/i على 18 مجالاً هو : $\Delta(d/i)=1/4:18=0°0'50''$

و فى مجال :

$$i \in [0°,40°], \Delta(\frac{d}{i}) = 59''15''$$

$$i \in [40°,50°], \Delta(\frac{d}{i}) = 45''$$

$$i \in [50°,90°], \Delta(\frac{d}{i}) = 45''$$

ولاجتناب حدوث قفزات كبيرة فى تتالى الزيادات على مجالات $5°$، كان من الضرورى إجراء تصحيح ما. لكن الفارسى عرف بأن كل تصحيح على $\Delta(d/i)$ بين $40°$ و$90°$ يغير قيمة d عندما تكون $i=50°$ والتى هى احدى المعطيات. لذلك قرّر الاحتفاظ بـΔ (d/i) ثابتة على المجال $[40°,90°]$ ، أى $\Delta(d/i)=\Delta_0=45''$، وإجراء تصحيح على $[0°,40°]$ مقداره $\Delta(d/1)-\Delta_0=11''15''$ مما يعطى للمجالات الثمانية الفرق $1'30''$. افترض الفارسى أن $\Delta(d/i)$ تنقص بشكل منتظم بكمية $\Delta_2=\Delta[\Delta(d/i)]$ فى المجال الواحد ، لتصل إلى $\Delta_0=45''$ فى المجال التاسع، ولذلك: $(1+2+...+8)\Delta_2=1'30$ أى: $36\Delta_2=1'30''$ و$\Delta_2 2''30$.وهكذا وصل الفارسى إلى زيادات مصحّحة على المجالات الثمانية الأُوَل. وعلى أساس من هذه الزيادات المصححة ومن الزيادات الثابتة على المجالات العشرة التالية، حسب النسب d/i ، حيث i هى من أضعاف الزاوية $5°$ ، يستنتج منها حساب قيم d المدرجة فى الجدول. وأشار رشدى راشد إلى أن حساب d للزاويتين $i=15°$ و$i=35°$ يعطى على التوالى $d=4°31'52''30''$ و$d=12°39'47''30''$ ، ورفعها الفارسى إلى القيمة الأعلى. وتفصيل طريقة الفارسى كالتالى :

فهو افترض أن :

١- $\Delta(\frac{d}{i})$ ثابتة على المجال $[40°,90°]$.

٢- $\Delta(\frac{d}{i})$ ثابتة على المجال *[0°,40°]* .

من البديهى أن تقود هذه الطريقة إلى دالة لـــ*d/I* بوصفها تابعًا لـــ *I* وبالتالى ،

١- على المجال *[40°,90°]* يكون فى حال كانت *I* من أضعاف °5

$$\frac{d}{i} = (\frac{d}{i})_{40} + k\Delta 0 \text{ حيث إن } k = \frac{i-40}{5}$$

$$\frac{d}{i} = 22'30''+k.45''+\frac{3}{8}+\frac{i-4}{5}.\frac{1}{80}$$

$$\frac{d}{i} = \frac{i+110}{400} \text{ و } d = \frac{i^2+110i}{400}$$

ذلك هو القانون الذى صاغه كبلر. ذلك هو القانون الذى كان كامنًا فى لوائح بطلميوس. عاد فيتليون إلى لوائح بطلميوس، بعد ذلك.وأسس ذلك لإعادة تركيب جدول قيم بطلميوس بكاملها لقيم الزوايا *i* من °10 إلى °10 . كما صاغ قيم *d* للزوايا *i* التى تتغيّر من °5 إلى °5 فى جدول الفارسى ، ولكن اقتصر على المجال *[90°,40°]*

٢- تكون *Δ2=2"30"* ، على المجال *[0°,40°]* ثابتة، وباعتبار $\Delta_{40}^{50} = 45''$ تصبح قيم Δ_{i-5}^{i} ، كالتالي:

$\Delta_{i-5}^{i}(d/i) = 45'+k.\Delta_2$ حيث أن *k=45-i/5* و *Δ2=2"30"=2,5/3600*

$$\Delta_{i-5}(d/i) = 1/80 + 45 - ii/7200 = 135 - i/7200$$

و إذا كانت *i* من أضعاف °50 : $d/i = 1/4 + \Delta_0^5 + \Delta_5^{10} + ... + \Delta_{i-5}^{i}$

افترض رشدى راشد أن $i = 5x$، حيث $x \in \{1,2,...,8\}$

و حصل على : $\Delta_{i-5}^{i} = 135/7200 - 5x/7200$

$$\therefore \quad \frac{d}{i}=\frac{1}{4}+\frac{135x}{7200}-\frac{5}{7200}(1+2+...+x)$$

$$\therefore \quad \frac{d}{i}=\frac{1}{4}+\frac{135x}{7200}-\frac{1}{2}.\frac{5x(x-1)}{7200}$$

$$\therefore \quad \frac{d}{i}=\frac{18000+265i-i2}{7200}.$$

ارتكزت طريقة الفارسى على دراسة الدالة $\varphi(i)=d/i$ بدالة أفينية على المجال $[40°,90°]$ ، وبدالة متعددة الحدود من الدرجة الثانية على المجال $[0°,40°]$ وهو ما أسس للتعبير عن d بدالة متعددة الحدود من الدرجة الثانية فى الحالة الأولى ، ومن الدرجة الثالثة فى الحالة الثانية. وتصبح عندئذ عملية الحساب أبسط:

(١) فى حال :

$$i\in[40°,90°], \frac{d}{i}=ai+b, d=ai^2+bi.$$

$15=1600a+40b$ حيث إن $D=15°, i=40°$

$20=2500a+50b$ حيث إن $D=20°, i=50°$

فاستنتج أن : $a=\frac{1}{400}$ و $b=\frac{11}{40}$

$\therefore$: $d=\frac{110i+i^2}{400}$

$$\frac{d}{i}=ai^2+bi+c, d=ai^3+bi^2+ci;$$

(٢) فى حال : $i\in[0°,45°],$

وأمكن رشدى راشد إدراج المجال $[40°,50°]$ فى الحالة الثانية أو فى الحالة الأولى على السواء وفقًا لمنهج الفارسى لتصحيح المجالات : $\frac{d}{i}=ai^2+bi+c, d=ai^3+bi^2+ci;$

فى حال : $i=0°$ يكون $\frac{d}{i}=\frac{1}{4}$

$I=40°$ يكون $\frac{d}{i}=\frac{1}{8}$

$I=45°$ يكون $\frac{d}{i}=\frac{31}{80}$ (محسوبة على أساس : $\frac{d}{i}=\frac{110+i}{400}$)

ومنه المنظومة :

$$\frac{3}{8} = 1600a + 40b + \frac{1}{4},$$
$$\frac{31}{80} = 2025a + 45b + \frac{1}{4},$$

والتى تكتب :

$$40a + b = \frac{1}{320},$$
$$45a + b = \frac{11}{3600},$$

$$\therefore : \quad a = -\frac{1}{20.3600} \text{ و } b = \frac{53}{43600}$$

$$\therefore : \quad d = \frac{-i^3 + 265i^2 + 18000i}{72000}$$

و قد أسست هذه المعادلات لحساب قيمة d التقريبية عندما تتغير i من درجة إلى درجة ، أو إلى أية قيمة لزاوية السقوط i . وهناك إمكان الحصول على هذه القيم باستعمال الاستكمال الخطى على كل واحد من المجالات المؤلفة من $\Delta_i=5°$ والمحددة فى جدوله.

حسب رشدى راشد d للزاوية $i = 12°$ بهاتين الطريقتين. حصل بواسطة المعادلة على :

$$d = \frac{-12^3 + 12^2.265 + 12.18000}{72000} = 3 + \frac{253}{500} = 3°30'22''$$

و بالاستكمال الخطى على :

$$D_{10}=2°51'15'', d_{15}=4k31'53'', \Delta_d=1°40'38'',$$

$$\Delta_{12} = d_{10} + \frac{2}{5}\Delta_d = 2°51'15''+40'14''= 3°31'29''$$

تختلف هاتان النتيجتان ، كما لاحظ رشدى راشد، بدقيقة واحدة تقريبًا .

و لاحظ رشدى راشد أن الفارسى لم يدخل فى عرضه الفروق من المنزلة الثانية للزوايا $40°<i<90°$ أى Δ_2 ، والفروق من المنزلة الثالثة للزوايا $0°<i<40°$ ، أى $\Delta_3=\Delta(\Delta_2)$، إذ لا تستوجب الطريقة ، التى عرضها رشدى راشد، تدخل هذه القيم، فضلاً عن قيادة هاتين الدالتين من الدرجتين الثانية والثالثة ، الأولى إلى Δ_2 ثابتة ، والثانية إلى Δ_3 ثابتة. ويكشف رشدى راشد من جهة أخري، عن طريقة الاستكمال نفسها بالمنزلة الثانية ، تحت الاسم نفسه فى "زيج الخاقاني" للكاشي، وبدا له أن أصل طريقة الاستكمال نفسها بالمنزلة الثانية

يعود إلى القرن العاشر الميلادى عند الخازن. تلك كانت طريقة الفارسي، الفيزيائية.و استنتج قيم الانحراف لأى سقوط كان بين وسطين محددين. قسم الفارسي، المجال $[0°,90°]$ إلى مجالين أصغرين، حيث يقارب الدالة $f(i) = d/i$ بدالة أفينية على $[40°,90°]$ وبدالة متعددة الحدود من الدرجة الثانية على المجال $[0°,40°]$. ثم يصل بالتالي، بين الاستكمالين ، فارضًا على الفرق الأول أن يكون نفسه فى النقطة $i=40°$، أو بعبارة أخرى يفرض على المنحنيين أن يكونا مماسين فى هذه النقطة؛ فإذا بحث الباحث عن المشتقين بدل استعمال طريقة الفارسى فى البحث عن الفروق المتناهية للدالتين اللتين تؤلفان الخوارزمية ، وكشف رشدى راشد، على التوالي، عن ١٤٤٠٠/٣٧ و١٤٨٠٠/٣٧ . واستخلص رشدى راشد أن طريقة الفارسى لا تتطابق مع طريق بطلميوس ، ولا مع طريقة عالم تجريبى يعرف قانون سنيلليوس. وتتشابه من دون شك طريقتى الفارسى وبطلميوس لنهوضهما على علم الفلك. غير أن طريقة الفارسى لا تقتصر على تحويل متسلسلة من قيم عددية ناتجة من الملاحظة إلى متوالية حسابية بل هى طريقة دقيقة رياضية، ارتكزت على ملاحظتين لزاويتى السقوط $40°$ و$50°$ ، وهما مستعارتان من بطلميوس عبر ابن الهيثم ومن تقديرين لـ d/i ، هما $1/4$ جوار الصفر و$1/2$ فى جوار $90°$. وذلك بهدف تحديد المنزلة الثانية للفرق على المجال: $[0°,40°]$ ليحسب المنزلة الأولى للفرق على $[0°,40°]$. ومن قيمتين تجريبيتين ، يطبق الفارسى خوارزميته ليحصل على كل القيم غير المقاسة التى يرى أن التنبؤ بها بدقة من وظيفة الحساب. فإن جدول الفارسى لا يهدف إلى تدوين نتائج الملاحظة ، الخام أو المصححة ، بل تكمن وظيفته فى استخلاص نتائج حسابية جبرية من قيمتين تجريبيتين. فالحساب الجبرى ليس إذًا أداة بحث كمّى دقيق وحسب، بل إن الحساب الجبرى ، بالنسبة إلى الفارسى ، علم استكشافي، فى جزء هو أكثر أجزاء المناظر الهندسية ارتباطاً بالفيزياء. غير أن طريقة كمال الدين الفارسي، بحسب تقويم رشدى راشد، تبقى محدودة ، إذ ترتبط الدالة الأفينية – وكذلك الدالة المتعددة الحدود من الدرجة الثانية – بشروط تجربة الانكسار فى وسطى الهواء والزجاج.ولا تكمن المشكلة فى التقنية الرياضية ، بل فى فكرة الفارسي. يفكر الفارسى بعبارات صنف خاص من المعطيات التجريبية ، من دون البحث عما يميز هذا الصنف عن سواه من الصنوف. ولم يدرس الفارسى هذه الدراسة لماهيتها ، وبهدف التعليق على نص ابن الهيثم وحسب بل استخدمها الفارسى فى أبحاثه الرئيسة حول قوس قزح والهالة ، حيث استعاد مسألة الإبصار من خلال كرة شفافة ، وأبدع فى نظرية الألوان.

خامساً – مخطوطات ابن سهل وبداية علم الإنكساريات

كان أساس تحقيق رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل هو بحثه فى مدى تأثير كتاب "المناظر" لبطلميوس (المقالة الخامسة حول انكسار الضوء، بوجه خاص) فى علم المناظر عند العرب[٥] . وكان أساس تحقيق

رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل الآخر، إذن، هو قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس فى البحث فى الرياضيات فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادي.

٥-١- تغيير موقع ابن الهيثم فى تاريخ العلوم

قاد هذان الأساسان إلى تغيير موقع الرياضى والفيزيائى ابن الهيثم (المتوفى سنة ١٠٤٠) فى تاريخ العلوم. كذلك قاد الأساسان –مدى تأثير كتاب "المناظر" لبطلميوس (المقالة الخامسة حول انكسار الضوء، بوجه خاص)؛ قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس فى البحث فى الرياضيات فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادي– إلى تحديد نشأة الوقائع العلمية الكلاسيكية وتطورها.

جدد ابن الهيثم، لأول مرة، علم المناظر ليشمل موضوعات تجاوزت أسلافه الهلينستيين. ودرس رشدى راشد شروط ذلك التجديد فى علم المناظر بخاصة ، وفى الفيزياء بعامة، كما حدد أسباب التوسع فى مجالات البحث. وكان من البدهى أن يقود ذلك رشدى راشد إلى إعادة قراءة لتاريخ فصول عدة من علم المناظر : المرايا المحرقة أولاً ، ومن ثم النظرية الهندسية للعدسات، ثم علم انكسار الضوء. ولم يكن ذلك الخيار، اعتباطيا *ARBITRARINESS* إنما كان ضروريا، وجوهريا، وطبيعيا، فقد أوحت به المجالات المتعددة التى درسها ابن الهيثم. فلقد درس ابن الهيثم المرايا المحرقة والكرة كما أفرد أجزاءً كاملة من كتاب المناظر للكاسر الكروي. ومن خلال تحديد رشدى راشد موقع دراسات ابن الهيثم فى المرايا والكرات والكواسر، على خريطة مشروع ابن الهيثم، اجتنب تصوير ابن الهيثم وكأنه وريث بطلميوس. فإن دراسة رشدى راشد هذه الفصول قادته إلى اكتشاف نتاج جديد وأسست لبيان وجه جديد على مسرح التاريخ : ابن سهل. هذا النتاج هو دراسة تظهر فيها وللمرة الأولى النظرية الهندسية للعدسات. أما الوجه فهو وجه رياضى فريد عاش فى النصف الثانى من القرن العاشر الميلادي، عُرف باسم ابن سهل. عرفه ابن الهيثم ودرسه. وقد قاد ذلك الكشف رشدى راشد إلى إعادة النظر فى تاريخ الانكساريات، إذ بدا جليًا أن نظرية الانكساريات ليست من نتاج علماء نهاية القرن السادس عشر الميلادي، وأن دراسة انكسار الضوء ومعرفة قانون سنيلليوس ينتميان إلى القرن العاشر الميلادي. من هنا تغير موقع ابن الهيثم نفسه فى تاريخ الرياضيات. صار لابن الهيثم أسلاف، إلى جانب بطلميوس، وفى الحقبة الممتدة من بطلميوس إلى ابن الهيثم، نهض تجديد ابن الهيثم على حساب تقهقر نسبى لابن الهيثم. فبدلاً من البداية من قانون سنيلليوس الذى اكتشفه ابن سهل ، عاد ابن الهيثم إلى مقارنات النسبة بين الزوايا. ومن خلال دراسة عمل ابن سهل، طرح رشدى راشد تجديد ابن الهيثم طرحا جديدا. وقد قدم ذلك الطرح الجديد فى سياق تقديم المخطوطات الأساسية لعلم الانكساريات عند العرب، أى أهم ما كتب فى هذا المجال قبل القرن السابع عشر الميلادي. لذا حقق رشدى راشد، وللمرة الأولى، "الرسالة"

لابن سهل ، وكذلك ما وصل إليه من دراساته الأخرى حول المناظر، عدا كتابات ابن الهيثم وكمال الدين الفارسي. وهكذا فلقد أثبت رشدى راشد وشرح ستة نصوص هى : "رسالة" ابن سهل وكلامه حول صفاء الفلك ونصين من كتاب ابن الهيثم السابع فى كتاب المناظر – يبحث النص الأول فى الكاسر الكروى والنص الآخر فى العدسة الكروية – و"رسالته" حول الكرة المحرقة ، وشرح كمال الدين الفارسي. ولا تقتصر أهمية البحث فى المرايا المحرقة والعدسات على مجالى انعكاس الضوء وانكساره إنما تتعداهما لتشمل علم "الهندسة". فاحدى السمات التطبيقية البارزة فى مجالى انعكاس الضوء وانكساره فضلا عن علم الرصد الفلكي، قد غابت عن بحث مؤرخى العلوم قبل رشدى راشد. لذلك ظهر انتماء الرياضيين فى اللغة العربية إلى المدرسة الأرشميدية الجديدة والأبولونية. لذلك خصص رشدى راشد جزءا مهما من بحثه لعلماء الرياضيات الأرشميديين الجدد، الذين حاولوا فى ما بين القرنين التاسع الميلادى والحادى عشر الميلادى ، استعادة طرق أرشميدس أو تجديدها بهدف حساب مساحات السطوح المنحنية ، وأحجام المجسمات الناجمة عنها، لتحديد مراكز الثقل فيها ، وبحوث من طوروا الهندسة التحليلية بفضل نظرية القطوع المخروطية. وقد بلغ ذلك التراث ذروة مجده فى بحث ابن الهيثم، كما فرض ابن سهل نفسه كأحد أكثر الوجوه بروزا فى طائفة الرياضيين الذين لمعوا فى النصف الثانى من القرن العاشر الميلادى أمثال القوهى والصاغانى والسجزي.

بحث ابن سهل فى حساب مساحة قطع مكافئ وتحديد مراكز الثقل، وإنشاء المسبّع فى الدائرة ، والتحليل الهندسى وغيرها من المسائل. ولكونه عالمًا فى انكساريات الضوء وانعكاسه ، فقد بحث ابن سهل فى الخصائص البصرية للمخروطات وفى طرق الإنشاء الميكانيكى لرسمها رسمًا متواصلا. وأمكن رشدى راشد القول إن هذا المنحى التطبيقى للبحث الهندسى ، والذى اقتضته ضرورات الدراسات البصرية ، ظهر مرة أخرى فى حل بعض المسائل الفلكية. وانكب رشدى راشد على دراسة القوهى وابن سهل الإسقاطية للكرة على أساس من دراسة الاسطرلاب. بنى ابن سهل فى شرحه –إيضاحات ابن سهل للنقاط الغامضة فى نظرية القوهى ، وإتمامه بعض براهين القوهي– رسالة القوهي" حول نظرية الاسطرلاب الهندسية، ذلك المجال الجديد فى البحث الهندسي. وذلك هو السبب الذى يقف وراء تخصيص ابن سهل ، صاحب علم المخروطات والمناهج الإسقاطية، بحثًا كاملاً لدراسة الخصائص التوافقية للقطوع المخروطية الثلاث. ومع أهميتها فى تاريخ المناهج الإسقاطية والبحث فى المخروطات ، أى فى تاريخ الهندسة كله، لم تحظ تلك الأعمال العلمية الثلاثة بأية دراسة قبل دراسة رشدى راشد. أثبت رشدى راشد وللمرة الأولى، تلك الأعمال العلمية الثلاثة وترجمها. وبينت دراسات رشدى راشد لبحوث ابن سهل الرياضية و"رسالة" القوهى ، تلك الروابط بين البحث الهندسى من جهة والبحث البصرى والفلكى ، من جهة أخرى. وهكذا ظهر لرشد راشد كيف أن

رياضيى القرن العاشر الميلادى طوروا الهندسة الهلّينستية، واستحدثوا حقولاً هندسية جديدة ، كالطرق الاسقاطية فى ذلك المجال والهندسة الجبرية فى مجال آخر. ورأى رشدى راشد كيف انتمى ابن الهيثم، فى مجالى البحث والطرق، إلى تراث ابن سهل.

٥ -٢- تراث ابن سهل

لم يدرس رشدى راشد من أعمال ابن سهل فى البصريات سوى مخطوطتين : أولهما رسالته الآلات المحرقة التى كتبها فى بغداد ما بين عامى ٩٨٣ و٩٨٥ وأهداها إلى البويهى ملك تلك الحقبة . أما المخطوطة الثانية ، وهى كتاب "البرهان على أن الفلك ليس هو فى غاية الصفاء". وهما تكشفان عن المصادر الأساسية للبحث فى علم البصريات فى تلك الحقبة والتى هى ، أعمال الانعكاسيين القدامى حول المرايا المحرقة ، من جهة ، وكتاب المناظر لبطلميوس من جهة أخرى. اطلع ابن سهل على كتب عدة للانعكاسيين القدامى والتى درست مسألة المرايا المحرقة ولكنها لم تتطرق إلى موضوع العدسات. فابن سهل استشهد بكتاب المناظر لبطلميوس ودرس الجزء الخامس حول الانكسار، بخاصة. ومن خلال التقاء هاتين المدرستين (مدرسة الانعكاسيين والمدرسة البطلميوسية)، من خارج مدرسة جالينوس ومدرسة الفلاسفة، درس رشدى راشد إسهام ابن سهل ، وأسس لرؤية بداية علم الانكساريات. فإن التقاء نظرية الانكسار كما وردت فى كتاب المناظر عند بطلميوس ، بأبحاث الانعكاسيين حول المرايا المحرقة ، شكل النبع الذى استقى منه ابن سهل علم الانكساريات. من هنا فإن هذا العلم كان بعيدًا فى بدايته عن التساؤل حول النظر والرؤية، وهو بذلك ثمرة من ثمار علم الانعكاسيات.و هيمنت مسألتان اثنتان ، مختلفتان فى الطبيعة مع ترابطهما ، على أبحاث الانعكاسات فى موضوع المرايا المحرقة :

١- المسألة النظرية حول الخصائص الهندسية للمرايا ، ومدى قدرتها على إشعال المواد القابلة للاحتراق تبعًا للمسافة وموقع المنبع الضوئي. هذه المسألة تعود إلى دوزيته (*Dosithée*) ، مراسل أرشميدس ، أو إلى ديوقليس؛

٢- انطلقت المسألة التاريخية منذ حوالى القرن السادس الميلادى وارتكزت على التساؤل عن مدى صحة اسطورة إحراق أرشميدس أسطول مرسيللوس. وقد تساءل الانعكاسيون البيزنطيون أمثال أنتيميوس الترالى ، عن شكل المرآة وأجزاء جهاز أرشميدس الانعكاسي.

وهما المسألتان اللتان يجدهما رشدى راشد لدى ابن سهل فى القرن العاشر الميلادي. إلا أن ابن سهل لم تكن له الريادة فى طرح هاتين المسألتين لدى العرب ، فالكندى قد طرحهما فى "رسالة" درس فيها موضوع

المرايا المحرقة ناقداً نقائص أبحاث أنتيميوس ، كما إن البحث فى موضوع هذه المرايا كان شديد الحيوية قُبيل ابن سهل. غير أن ابن سهل أسس لمسألة جديدة. أكد ابن سهل، أسبقيته فى التفكير فى الإشعال من خلال الضوء العابر "لآلة" ، والمنكسر بعد ذلك فى الهواء ، أى أسبقية تفكيره فى موضوع "العدسات" بشكل جديد. فلم يعد اهتمام ابن سهل ينحصر فى موضوع المرايا وحسب إنما تعداها إلى العدسات وكل "الأجهزة المحرقة". وهكذا لم يعد الانعكاس موضوع الدراسة الوحيد فى البصريات بل انضم إليه الانكسار. وتحولت بذلك المسألة التقليدية فى البحث حول الانعكاسيات تحولاً جذريًا عند ابن سهل، وأشارت إلى العنوان التالى : "استخدام الانعكاس أو الانكسار بغية الاشتعال فى نقطة محددة بواسطة منبع ضوئى بعيد أو قريب".

و جمع ابن سهل العناصر التالية :

أ- الإشعال بالانعكاس ؛

ب- الإشعال بالانكسار ؛

ج- الحالة التى يمكن اعتبار الأشعة فيها متوازية ؛

د- حالة الأشعة المنبثقة من نقطة على مسافة متناهية.

وأسس تركيب هذه العناصر للحصول المتسلسل على فصول "رسالته" كافة ، وهو ما مكن رشدى راشد من إعادة تكوينها وترتيب فصولها. فإن تركيب (أ) و(ج) يصوغ الحالة التى تتوازى فيها الأشعة متوازية - منبع الضوء على مسافة تُعد لا متناهية - والإشعال بالانعكاس. وأما الجهاز الانعكاسى الذى يقدمه ابن سهل تمثيلا لا حصرا، لهذه الحالة، فهو المرآة المكافئية العاكسة لأشعة الشمس. أما تركيب (أ) و(د) فيصوغ حالة الأشعة المنبثقة من منبع متناه والإشعال فيها بالانعكاس. ويضرب ابن سهل مثلاً لهذه الحالة مرآة القطع الناقص. أما تركيب (ب) و(ج) فيقود إلى الأشعة المتوازية ذات الإشعال بالانكسار حيث يضرب ابن سهل العدسة المستوية المحدّبة مثالاً لهذه الحالة. ويقوده تركيب (ب) و(د) إلى العدسة ذات الوجهين المحدبين. ولم يقتصر ابن سهل على شرح القواعد المثالية لكل حالة إنما عرض طرق تصنيع هذه الآلات المحرقة عرضا نظريًا. من هنا درس رشدى راشد امتناع ابن سهل عن الاقتصار على دراسة المنحنيات ورسمها. فعلى غرار جميع أسلافه الذين بحثوا فى إنشاء المرايا، كان على ابن سهل أن يعى طريقة إنشاء هذه المنحنيات. لذا احتوى كل فصل من "رسالته" على قسمين :

١- دراسة نظرية للمنحنى المطروح؛

٢- إنشاء المنحنى.

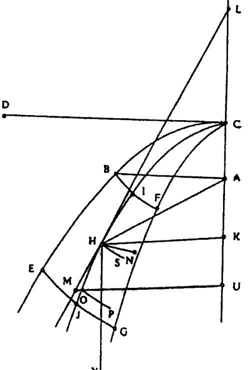
وفصل القطع الزائد وهو ضرورى للعدسات المستوية - المحدبة ، ينقسم إلى قسمين :

١- دراسة المنحنى كقطع مخروطي؛

٢- الإنشاء الميكانيكى للمنحنى.

فى القسم الأول يعرف ابن سهل القطع الزائد بقمته ومحوره وضلعه القائم ، ويدرس حينئذ المماس على أساس من خاصية ازدواج البؤر ، لينتقل بعد ذلك إلى المجسم الزائدى فالمستوى المماس مبرهناً وحدانيته. أما فى القسم الثانى فيدرس المستوى المماس للسطح الناجم عن دوران هذا القوس حول خط مستقيم ثابت. وانطلق ابن سهل فى القسمين من خصائص المماس كى يكشف عن قوانين الانكسار. واستنتج ابن سهل بذلك طريقة إنشاء عدسة مستوية - محدبة ووصل إلى عدسة المحدبة الوجهين. وأسس بناء "رسالة" ابن سهل ، لإعادة تركيبها، ولبيان عناصر مشروعه. ويبين رشدى راشد، عند كل قسم ، الحالة التى وصلته. إن القسم المفقود هو ما بين نهاية دراسة القطع المكافئ وبداية دراسة القطع الناقص . إن الدراسة النظرية للقطع المكافئ وما يتبعها حول الرسم المتواصل لقوس منه ، قد وصلت الباحث كاملة، مع غياب دراسة مماس هذا القوس ودراسة المستوى المماس للمجسم المكافئ ، وغياب التطبيق البصري. أما فى جزء القطع الناقص ، فقد بُترت دراسة هذا المنحنى كقطع مخروطى ، لكنه ، فى المقابل ، يقدم بشكل شبه كامل ، دراسة للمرآة الاهليلجية الناجمة عن قوس القطع الناقص المرسوم بشكل متواصل. من هنا تمكن رشدى راشد من تحديد موقع ابن سهل الجديد : استمرار المدرسة الانعكاسية اليونانية والعربية ، وانفصال عنها بإدخال ابن سهل الانكسار والعدسات.

٥-٣- المرآة المكافئية

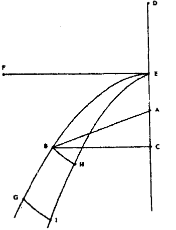


شكلت المرآة المحرقة المكافئية قبل ابن سهل بزمن طويل ، محور البحث العلمي. ترك ديوقليس وأنتيميوس الترالى ومؤلف مقتطف بوبيو، دراسات عدة حول المرآة المكافئية. يجدها الباحث كذلك فى نص عُرب من اليونانية منسوب إلى دترومس. أما بالعربية ، وقبل ابن سهل ، فقد كتب حول هذه المرآة المكافئية كل من الكندى وأبو الوفاء البوزجاني. من هنا فقد شاع البحث العلمى حول

المرآة المكافئية حتى القرن العاشر الميلادي. غير أن دراسة ابن سهل حول هذه المرآة تختلف عن كل سابقاتها. إن هدف ابن سهل من استعمال هذه المرآة هو الجواب على السؤال التالى : كيف بالإمكان ، بمجرد انعكاس أشعة الشمس (أى من منبع يُعد ذا بُعد لامتناه بحيث تصل الأشعة متوازية فى ما بينها إلى المرآة المذكورة) ، من إشعال نقطة على مسافة معينة ؟

فلتكن AB هذه المسافة وAC اتجاه أشعة الشمس. ويبدأ رشدى راشد بالحالة التى يكون فيها AC عموديًا على AB ، وأنشأ $AC=AB/2$ وCD عموديًا على AC ، على أساس $CD.AC = AB2$. إن القطع المكافئ المعرّف برأسه C وبمـــحوره AC ، وبضلعه القائم CD يمر فى النقطة B

و أخذ قوسًا BE من هذا المكافئ فى الاتجاه المعاكس لـــ C ، وقام بدورانه حول الخط الثابت AC. فتحدَّدَ حينئذ بالتتابع B وE قوسى دائرة BF وEG. فيتحـــدد بذلك جزء من مجسم مكافئى $EBFG$ ، رمز إليه بـــ(BG). عمد ابن سهل حينذاك إلى إظهار مقولة إنه : "إذا كان السطح (BG) انعكاسيًا وسقطت عليه أشعة موازية لـــ AC، انعكست هذه الأشعة نحو النقطة A". بغية برهان هذه المقولة ، ناقش ابن سهل المستوى المماس ووحدانيته فى نقطة H نقطة من (BG) ؛ يكون القوس IJ ، الناجم عن قطع المستوى ACH للمجسم (BG) ، قوسًا مكافئيًا مساو للقوس BE . لتكن K الإسقاط العمودى لـِـ H على AC ، وL نقطة من AC بحيث يكون $CL = CK$. يكون حينذاك الخط المستقيم LH مماسًا للقوس IJ ، ويكون المستوى الحاوى للمستقيم LH والعمودى على المستوى AHC هو بدوره مماسًا للسطح (BG) عند النقطة H. برهن ابن سهل بالخلف أن هذا المستوى لا يقطع (BG) خارج النقطة H ، ولبثت ، بعدها ، وحدانية المستوى المماس فى هذه النقطة. ومن ثم ، ناقش ابن سهل انعكاس شعاع مواز للمحور :



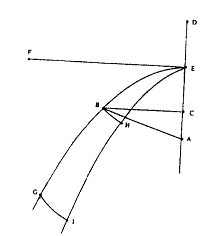
∵ : $CD . AC = AB^2 = 4AC^2$ ،

∵ : $CD = 4AC$.

∵ : النقطة H موجودة على المجسم المكافئ

∴ : $HK^2 = CD . KC = 4AC . KC$.

∴ : $AH^2=AK^2+4AC.KC=AK^2+4AC^2+4AC.AK=(AK+2AC)^2=AL^2$,



$\therefore$: $\measuredangle AHL = \measuredangle ALH$.

$\because$: $HX // AL$ ،

$\therefore$: $\measuredangle ALH = \measuredangle MHX$

$\therefore$: $\measuredangle MHX = \measuredangle AHL$.

وهكذا فإن الشعاع الساقط XH على النقطة H ينعكس مارًا بالنقطة A .

وقارب ابن سهل فى ما بعد الحالة التى لا يكون فيها AC عموديًا على AB . فهو يُسقط من B المستقيم العمودى على AC ، وتكون C قاعدته ، ثم أخذ على المستقيم AC نقطة D بمسافة $AB = AD$. وهنا بين رشدى راشد احتمالين:

١- إما أن تكون C و D من جهتين متقابلتين بالنسبة إلى A:

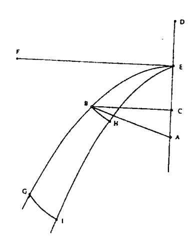
٢- إما أن تكون C و D من الجهة نفسها بالنسبة إلى A :

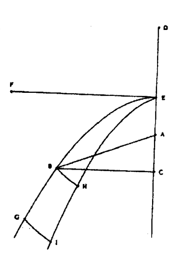
لتكن E نقطة فى وسط CD وعلى المستقيم العمودى منها نقطة F حيث $EF . CE = BC2$. إن المكافئ ذا القمة E والمحور AE والضلع القائم EF يمر بـــ B ، فيعطى دوران قوس منه BG حول المحور AC ، مجسمًا مكافئيًا (BI) . وكل شعاع يسقط بشكل موازٍ للمحور AC على سطح هذا المجسم ، ينعكس نحو النقطة A، وليبرهن ابن سهل مقولته فى هاتين الحالتين ، عاد إلى الحالة السابقة ، فيكفى إذا أن يظهر أن A هى بؤرة المكافئ ، أى أن $EA = 1/4\ EF$. ويتم ذلك كالتالى :

$EF . CE = BC^2$ و $AB^2 = AC^2 + BC^2 = AC^2 + EF . CE$ وفى كل من الحالتين:

$\therefore$: $AD = 2EC - AC$ و $AE = EC - AC$

$\therefore$: أو $AD = 2EC + AC$ و $AE = EC + AC$





$\therefore$: $AD^2=AC^2+4EC^2\pm4EC.AC=AC^2+4EC(EC\pm AC)=AC^2+4EC.AE$

$\therefore$: $EC.EF=4EC.AE$ ، أى $EF=4AE$.

تقع إذًا النقطة A من القمة E على مسافة ربع الضلع القائم. وهكذا وكما فى الحالة السابقة ، فإن كل شعاع يسقط على المرآة (BI) موازيًا للمحور ، ينعكس مارًا بالنقطة A. وهكذا برهن ابن سهل فى الحالات الثلاث :

$$\measuredangle bac>\pi/2 \text{ و } \measuredangle bac<\pi/2,\ \measuredangle bac=\pi/2$$

و أن الأشعة الموازية للمحور تنعكس جميعها نحو النقطة A من المحور ، على مسافة من رأس المكافئ تساوى ربع الضلع القائم. واستخلص رشدى راشد روابط ابن سهل مع أسلافه ليقدر أن يقوم موقع مساهمته. ولاحظ رشدى راشد أولاً أن ابن سهل استعان فى براهينه بالخاصية المميزة للمكافئ. ومن هاتين الخاصيتين، أصبح بمقدور رشدى راشد المقارنة بين أعمال ابن سهل وأعمال الانعكاسيين القدامى وأعمال معاصريه :

١- فى كتابات ديوقليس قرأ رشدى راشد المقولة نفسها التى طرحها ابن سهل وبرهنها مع فارق فى كون ديوقليس قد لجأ إلى خاصية مساواة التحتمماس للوسيط ، من دون الاستعانة فى هذه المرحلة بالخاصية المميزة؛

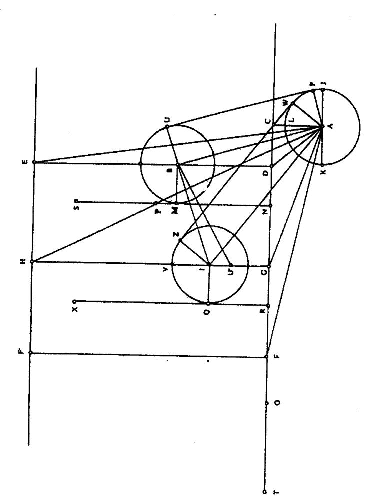
٢- استعمل دترومس البيزنطي، فى هذه المسألة الخصائص نفسها التى اعتمدها ابن سهل ، كالاختلاف فى نقطة الانطلاق. فدترومس انطلق من تساوى الزاويتين ليحدد البؤرة ، فى حين انطلق ابن سهل من البؤرة ليبرهن تساوى الزاويتين. ويبدو التباعد أعظم فى طريقة إنشائهما القطع المكافئ ، إذ لجأ دترومس إلى الإنشاء بالنقط مستعينًا بمسطرتين ، فى حين استخدم ابن سهل الرسم المتواصل؛

٣- اختلفت طريقة ابن سهل عن طريقتى أنتيميوس الترالى والكندى اختلافًا بيناً؛

٤- مع أن طريقة أبى الوفاء البوزجانى استندت إلى الخاصية المميزة للقطع المكافئ وابتدأ أبو الوفاء البوزجانى بمقطع مستقيم مساو للضلع القائم، لكنه لجأ إلى إنشاء المكافئ بالنقاط.

و هكذا رأى رشدى راشد أن جميع هذه الدراسات -ديوقليس، دترومس، أنتيميوس الترالي، الكندي، أبو الوفاء البوزجاني- تختلف اختلافًا تاما عن دراسة ابن سهل. إن تحليل كتابة ابن سهل حول المرآة المكافئية لم يؤسس لإيجاد رابط بينه والكتاب القدامى والمعاصرين له. لكن وردت أسطورة أرشميدس، التى يذكرها ابن

سهل، فى نص لأنتيميوس الترالي. وهو النص القديم الوحيد الذى يحوى دراسة عن المرآة الإهليلجية. وهو موضوع أعاد ابن سهل دراسته. فهو موضوع تعليق نقدى للكندى ، وقد أتى ابن عيسى على ذكره مراراً ، وفى القرن العاشر الميلادى ورد بالكامل فى رسالة لعطادر. وذكر ابن سهل فى دراسته عن المرآة المكافئية لأنتيميوس الترالى كإسم وحيد إلى جانب أرشميدس. كان ابن سهل قد اطلع على كتابة المرآة المكافئية لأنتيميوس الترالي، كما اطلع على أعمال البوزجانى الذى تقدمه سنا وعاش فى بغداد منتميًا ، مثل ابن سهل، إلى حاشية البويهيين. يتبّين من هنا أن ابن سهل قد انتمى إلى مدرسة المرايا المحرقة. وأسهم ابن سهل فى دراسة حل مسألة المسبع المنتظم المشهورة التى كانت موضع نقاش فى العصر البويهى لدى علماء أمثال القوهى والسجزي. وقد عاد ابن الهيثم فى ما بعد إلى أبحاث ابن سهل حول المرآة المكافئية. فقد استعان ابن الهيثم، تمامًا كابن سهل ، بالخاصية الأساسية للمكافئ وبخاصية التحتمماس ، وميز ، تمامًا كابن سهل ، بين الحالات الثلاث لبرهانها. أما الفارق فى هذا المجال فيكمن فى طريقة العرض، حيث توسل ابن الهيثم بطريقة "التحليل والتركيب". انتقل ابن سهل فى ما بعد إلى رسم المكافئ رسمًا متواصلاً بوساطة البؤرة والدليل ، فأخذ نقطة ثابتة A ومستقيمًا ثابتًا DF ، وطولاً $DE = l$ على مستقيم عمودى له . وليكن AC مستقيمًا عموديًا على DF ؛ بشكل أن يقع DF ما بين A و E ويكون $DE > AC$:



وشرح ابن سهل عملية إنشاء ثلاث نقط من المكافئ المعرّف بالبؤرة A وبالدليل EH الموازى لـ DF ، وذلك من دون تسميته حتى ذلك الوقت بالقطع المكافئ. هذه النقاط الثلاث ، F و B على DE ، و I على GH العمودى على DF ، هى كالتالى : $AF = l$, $BE = BA$, $IH = IA$ ، ومن ثم :

$BD + BA = IG + IA = FA = l$ (١) .

وتتابع النقط D و C و G و F بهذا الترتيب على DF. ويبرهن، بالخلف أن $Al>AB$. يقوم ابن سهل برسم نصف دائرة مركزها A وقطرها Jk ، حيث إن $JK \leq AB$ ، ومن ثم رسم دائرتين

متساويتى الشعاع مع الدائرة الأولى، مركزهما B وI ، ويستتبع الافتراض $Jk \leq AB$ بأن $JK<AI$؛ وهكذا فإن الدائرتين (A) و(B) من جهة، والدائرتين (A) و(I) من جهة أخرى لا تتقاطعان. وينشأ PU مماسًا مشتركًا لـ(A) و(B) ، وMN مماسًا لـ(R) عموديًا على DF .

$\therefore$ $PU=AB, MA=BD$ و $PK=UM$

وإذا رُمز بـ S_1 إلى طول محيط $JPUMN$ وبـ P نصف قطر احدى الدوائر،

$\therefore$ $S_1=JP+PU+UM+MN=l+P$

وبشكل مماثل نقرن المحيط $JWZQR$ بالدائرة (I) ، فنحصل على :

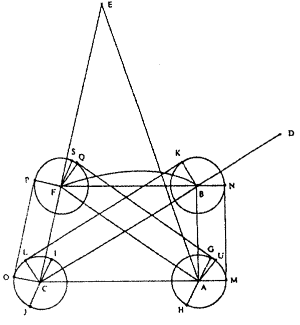
$\therefore$ $S_2=JW+WZ+ZQ+QR=l+P$

تتبع طريقة ابن سهل للتوصل إلى الرسم المتواصل من العلاقة $s_1 = s_2$ ، الناتجة من المعادلة (1). أخذ ابن سهل قوسا صلبًا ، بحيث ينزلق ضلع زاويته القائمة NO على DF، فى حين ينطبق الضلع الآخر NS على NM ويختار $NS > NM$. إن النقطة A ثابتة ، وكذلك نصف الدائرة (A) ؛ فى حين تتحرك الدائرة (B) مقرونة بحزام طوله $p+1$ ، يثبت أحد طرفيه فى J على نصف الدائرة (A) ، أما الآخر فمثبت فى N على القوس. والمفروض أن الحزام غير قابل للارتخاء ، فتكلم ابن سهل عن "سلك حديدي" وشرح ضرورة استعمال الدوائر كى لا ينقطع هذا السلك. فلو تحولت الدوائر إلى مجرد نقط لأصبح المحيط ABD مستدق الرأس فى B لدرجة قد ينقطع معها السلك تحت ضغط المسير. إن الضغط على الدائرة (B) مع الإبقاء على الحزام مشدودًا ، وعلى الدائرة (B) أن تبقى فى تماس مع ضلع القوسNS ، يؤسس لانزلاق القوس على المستقيم DF الذى يلعب دور السكة، فيرسم المسبر الموضوع فى النقطة B قوسًا مكافئيًا BI . ويلاحظ رشدى راشد إمكانية تحريك النقطة B فى الاتجاهين وصولاً إلى قمة المكافئ من جهة وإلى الموقع الذى تصبح فيه الدائرة (B) مماسة للمستقيم DF من جهة أخرى. أما الجزء الأخير من دراسة الرسم المتواصل للمكافئ ، وهو ضائع، فيفترض – كما يظهر تشابه سير بقية الفصول – أن يحتوى على دراسة عن المماس فى نقطة من القوس BI ، وعن المستوى المماس للسطح المتولد من هذا القوس وعن انعكاس الشعاع الضوئى على هذا السطح، فى آخر التحليل. ودرس ذلك الجزء الضائع قضية التثبت من كون المرآة المنشأة بالبؤرة والدليل هى مكافئية ، إذ إن خاصة البؤرة – الدليل لم تكن بعد كافية فى القرن العاشر الميلادى ، عند ابن سهل، للتعريف بالمكافئ.

٥-٤- مرآة القطع الناقص (أو الإهليلجية)

درس ابن سهل بعد ذلك إشعال جسم قابل الاحتراق على مسافة معينة بانعكاس ضوء يوجد منبعه على مسافة متناهية ، أى للبحث عن إحداث إشعال فى نقطة A موجودة على مسافة معينة ، من منبع ضوئى موجود فى نقطة C. ولذا درس ابن سهل المرآة الإهليلجية. ولاتزال الكتابة حول المرآة الإهليلجية السابقة لنص ابن سهل ، عدا دراسة لأنتيميوس الترالي، مجهولة. وقد تعود قلة اهتمام الباحثين فى المرايا المحرقة ، بمرآة القطع الناقص (أو الإهليلجية) إلى شروط موقعى المنبع والبؤرة. وتقتصر دراسة أنتيميوس الترالى على خاصية ازدواجية بؤر الإهليلج. وانطلق أنتيميوس الترالى من قوانين الانعكاس ، وأكد أن الشعاع المنبثق من احدى البؤرتين ينعكس نحو الأخرى ؛ كما انه تبنى طريقة "البساتي" لرسم الإهليلج رسمًا تواصليًا. اطلع ابن سهل على هذه الدراسة ، ولكنه أعاد كليًا دراسة هذه المسألة.

بهدف رسم قوس قطع ناقص رسمًا تواصليًا ، انطلق ابن سهل من نقاط غير مستقيمة ثلاث ، A وB وC بحيث إن : $AB < AC < BC$.



ووضع على المستقيم CB نقطة D تكون كالتالي: $CB + BA = CD = l$ ؛ ووضع على الدائرة (C,l) نقطة E تكون كالتالى : $\measuredangle acb < \measuredangle ace \measuredangle cab$

لأنB وE تقعان فى الجهة نفسها بالنسبة إلى المستقيم CA ؛ ووضع على المقطع CE نقطة F متساوية البعد عن A وE. أى أن: $FA + FC = l$. وتقع إذًا النقطتان B وF على الإهليلج ذى البؤرتين A وC والدائرة الدليلة (C,l) . وكما لم يسم ابن سهل المكافئ باسمه، لم يسم كذلك هذا القطع باسمه (الإهليلج). نتج من مجمل الافتراضات المعتمدة لإنشاء F ، أن $AF > AB$ ، وهى علاقة برهنها ابن سهل بالخلف ، وبالتالى فإن $CF < CB$ واستنتج أن $CF > AB$. ورسم رشدى راشد مقطعين متساويين ومتوازيين GH وIJ، بوسطين هما على التوالى A وC ويكون $IJ = GH < AB$ ، وبشعاع يساوى $1/2\ GH$ يرسم الدوائر $(B),(C),(A)$ و(F) التى لا تتقاطع فى ما بينها بسبب افتراض $GH < AB$. ليكن MN مماسًا مشتركًا خارجيًا لـ(A) و(B) ، وكذلك KL لـ(B) و(C) . نحصل حينها : $MN=AB$ و$KL=BC$ ، وبالتالى $MN+KL=l$. من ناحية أخرى ، بما أن $AM//BN$ و$BK//CL$ و$AH//CJ$ نحصل على 2_p

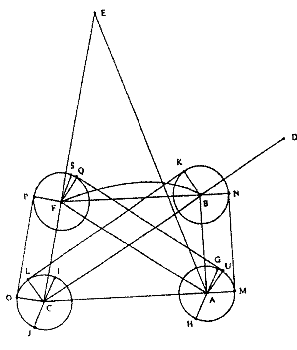
$HM+NK+LJ=$ ، حيث 2_p هو محيط إحدى الدوائر..نقرن عندئذ الدائرة (B) بالالتفاف $HMNKLJ$ وطوله S_1 : $s_1=HM+MN+NK+KL+LJ=1+2_p$

وافترض رشدى راشد UQ مماسًا مشتركًا خارجيًا لـ (A) و(F) ، وكذلك PO لـ (F) و(C) ، فقرن حينها الدائرة (F) بالالتفاف $HUQPOJ$ وطوله s_2 :

$$S_2=HU+UQ+QP+PO+OJ$$

وكالسابق لدينا : $UQ+PO=AF+FC=1$ و$HU+PQ+OJ=2_p$ أى أن $s_2=1+2_p=s_1$.

عند ذلك الحد تصور ابن سهل جهازا مؤلفًا من ثلاث دوائر متساوية الشعاع تلعب دور بكرات ، ومن حزام طوله ثابت $1+2_p$ ؛ اثنتان من هذه الدائرات ، ومركزاهما A وC ، ثابتتان ، أما البكرة الثالثة، ومركزهما B ، فهى متحركة. يثبت طرفا الحزام أحدهما فى نقطة H من الدائرة (A) والآخر فى J من الدائرة (C) ، ويحيط هذا الحزام بالبكرة (B) :



ندفع بالبكرة (B) مع الإبقاء على الحزام مشدودًا فيرسم المركز B قوسًا ناقصيًا (إهليلجيًا) BF. وتابع ابن سهل دارسًا الانعكاس على مرآة إهليلجية، رمز إليها بالسطح (BX) الذى نحصل عليه بتدوير القوس الاهليلجى BF حول AC ، فترسم فيه بذلك B وF قوسين دائريين هما على التوالى BC وFX . برهن أن الأشعة الواردة من C تنعكس نحو النقطة A. وافترض T نقطة على القوس BF نقرنها بالدائرة (T) وبالتفاف طوله s . وتتطابق الدائرة (T) فى أحد مواقعها مع (B) ، فينتج من ذلك أن $s = s_1$ ، وبالتالي$TC=TA+BA+BC$. لتكنI' نقطة ما من (BX) فيتقاطع المستوى $AI'C$ و(BX) وفق قوس B_aO' الذى يشكل القوس FB أحد أوضاعه ، فنحصل إذًا على $I'A+I'C=BA+'BC$: . نمدد CI' طولاً قدره $I'B_b=I'A$ ؛ فيكون $B_cI'B_d$ مُنصف الزاوية $AI'B_b$ ، مماسًا فى النقطة I' للقوس B_aO' . وبرهن ابن سهل ذلك ، وكذلك وحدانية المماس ، ببرهان الخلف. إن المستوى الحاوى للمستقيم B_cB_d والعمودى على المستوى ACI' هو مماس للسطح (BX)عن النقطة I'؛ وهو مستوى مماس وحيد. واستعمل ابن سهل برهان الخلف كذلك ، ليثبت أن المستقيمين AI' وCI' لا يقطعان السطح (BX) خارج النقطة I' . وينعكس الشعاع الضوئى

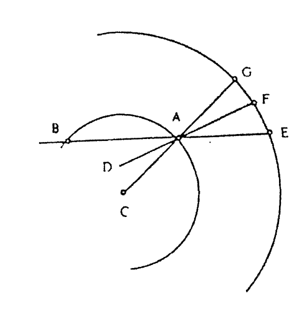
القادم بحسب CI' على المرآة (BX) باتجاه $I'A$ ، وفقًا لقوانين الانعكاس. ويصح الأمر لكل نقاط السطح (BX).

لاحظ رشدى راشد فى الحالتين (المرايا المكافئية والإهليلجية) اهتمام ابن سهل بتحديد المستوى المماس عند نقطة سقوط الضوء على السطح العاكس ، وكذلك بوحدانية هذا المستوي. ولا ينبع هذا الاهتمام من معرفته بنظرية المخروطات وحسب بل ينبع هذا الاهتمام من معرفته بنظرية انعكاس الضوء . فهو لا يكتفى بقانون تساوى زاويتى السقوط والانعكاس بل استند إلى القانون الذى نص على كون مستقيم الشعاع الساقط ومستقيم انعكاسه ، وأخيرًا العمودى للمستوى المماس فى نقطة السقوط هذه على السطح ، تقع جميعها فى مستو واحد. ولم يكن السطح العاكس عند ابن سهل هو المهم بل المستوى المماس. ومع ارتكازه فى دراسته للمرايا المكافئية والإهليلجية ، على هذين القانونين ، فهو لم يصغ هذين القانونين صياغة صريحة. فابن سهل مهندس لا يولى فيزياء الضوء أو فيزيولوجيا البصر عنايته ؛ لقد اختار عرضًا هندسيًا مختصرًا واضح البرهان. فابن الهيثم يتابع فى ما بعد ويلح على أهمية المستوى المماس ، ويولى عناية لصياغة قوانين الانعكاس فى غير موضع من كتابه فى المناظر. غير أن ابن الهيثم المهندس – الفيزيائى لم يأت فيها بأمر لم يتناوله من قبله ابن سهل المهندس فى براهينه الهندسية.

٥-٥- الانكسار وقانون سنيلليوس

فى القسم الثانى من "رسالته" يتساءل ابن سهل عن الإشعال بالانكسار فيقوده ذلك إلى دراسة العدسات البلورية. استحوذ الفصل المخصص لهذا الموضوع من كتاب المناظر، مشروع بطلميوس كله. فقد صاغ ابن سهل ، عند قراءته المقالة الخامسة من كتاب المناظر لبطلميوس، صياغة مقتضبة حول "مذكرة" شفافية الفلك ، "مذكرة" كان ينوى ضمها إلى مناقشة لمجمل الكتاب الخامس من كتاب المناظر لبطلميوس. هدف ابن سهل فى مذكرته إلى برهنة أن شفافية الفلك ليست مطلقة فأخذ شعاعًا قدم من نقطة F من الفلك إلى نقطة A من سطح كرة العناصر ومركزها C ، لينكسر حينها باتجاه AB. وبالإمكان تصور حالات ثلاث تبعًا لوضعية الشعاع الساقط FA بالنسبة إلى الماظم العمودى GA وللامتداد AE لـ BA . فهو إما بينهما (الحالة ١) أو متطابقًا مع EA (الحالة٢) أو خارجهما (الحالة٣).

١- فى الحالة الأولى ، وبما أن زاوية الانكسار BAC أكبر من زاوية السقوط GAF ، استنتج ابن سهل أن الوسط I (أى الفلك) حيث يوجد FA ، أقل شفافية من الوسط II مكان وجود AB ، وبالتالى ، أن شفافية الكرة السماوية ليست مطلقة :



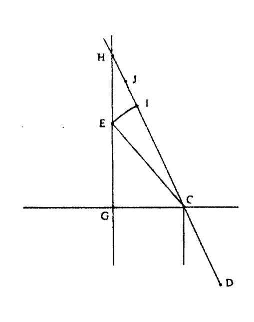
٢- فى الحالة الثانية(FA متطابقة مع EA) فإن انكسار FA باتجاه AB يعنى أن الوسطين I وII ذوا شفافية متساوية وهى شفافية الكرة السماوية. فإذا لم يتغير الوسط II ، وإذا كان الشعاع AF ، الذى يتطابق دائمًا مع EA، ينكسر بحسب AD كخط مستقيم يقع بين AB والخط العمودى AC ، فهذا يعنى أن AF هى فى وسط Iص الأكثر شفافية من الوسط II . وبالتالى أكثر شفافية من الوسط I ولتكن $i1$ زاوية السقوط فى الوسط I وi_2 زاوية الانكسار فى الوسط II. عندئذ ، إذا كانت الشفافية فى الوسط II والزاوية $i1$ بقيتا بالقيمة نفسها ، بإمكاننا أن نكتب عندها : إذا انكسر FA وفق AB ، يعنى $i_2=i1$ ، يكون الوسط I بشفافية الوسط II نفسها. أما إذا انكسر FA وفق AD ، يعنى $i1> i_2$ ، يكون الوسط I' أقل شفافية من الوسط II، وبالتالى ، أقل شفافية من الوسط I . يوجد إذًا وسط أكثر شفافية من الكرة السماوية؛

٣- أما فى الحالة الثالثة (AF وراء AE) فانكسار AF باتجاه AB يعطى أن الوسط I أكثر شفافية من الوسط II . فإذا بقى الوسط II كما هو وانكسر AF باتجاه AH ، وهو المستقيم الموجود بين AB والناظم AC ، ففى هذه الحالة يكون AF فى وسط Iص أكثر شفافية من الوسط I.

شرح ابن سهل قانون وجود الشعاعين الساقط والمنكسر فى المستوى نفسه مع الناظم ووقوعهما فى جهة من الناظم. وطبق قاعدة مقتبسة من بطلميوس: وهى أن الزاوية الكبرى تنم عن شفافية أكبر ، أى أن الانكسار يتعلق حجمًا واتجاهًا بفارق الكمدة بين وسطين يعبرهما الضوء ؛ إذ يبتعد الشعاع عن الناظم بانتقاله من وسط إلى آخر أقل كمدةً ، ويقترب منه الحالة المعاكسة . وبعبارة رشدى راشد ، إذا ما رمزنا بـــ i_1 إلى زاوية السقوط فى الوسط I وبـــ i_2 إلى زاوية الانكسار فى الوسط II ، كانت $i1$ وi_2 حـــادتين ؛ فإذا كانت i_1 $< i_2$ نستنتج أن الوسط I أقل كمدة من الوسط II. عند هذا الحد طبق ابن سهل فى دراسته عن الانكسار مفاهيم بطلميوس ، إلا أن معرفة ابن سهل بالانكسار لا يقف عند هذا الحدّ. فهو لا يتخطى بطلميوس وحسب بل يتّبع منحى آخر . فبمجرد قراءة مذكرته حول شفافية الفلك ، انتبه رشدى راشد لما أولاه من أهمية لمفهوم

"الوسط" حيث أظهر أن كل وسط – بما فى ذلك الفلك – يتّسم بكمدة معينة خاصة به. ولقد فكر ابن الهيثم فى هذه الفكرة بعد ابن سهل. فإن ابن سهل صاغ مفهوم الوسط الذى تحدده كمدة خاصة به.

ولكن اكتشاف ابن سهل الأهم يكمن فى طرحه ، فى "الرسالة" ، لسؤال لم يسبقه إليه أحد ، وهو موضوع الإشعال بواسطة الانكسار ، فهو لم يعد، حينها ، يحدد الوسط بكمدته بل "بنسبة ثابتة" خاصة به. وشكل تصور "النسبة الثابتة " التى تميز الوسط عن غيره الحجر الأساس لدراسة الانكسار فى العدسات. فهذه "النسبة" الغير المحسوبة هى عكس قرينة الانكسار n للوسط فى الهواء. إنه قانون سنيلليوس للانكسار بعد حوالى ستة قرون. فى مطلع دراسته للانكسار فى العدسات، أخذ ابن سهل سطحًا مستويًا GF يفصل بيت البلور والهواء ، ويمتد الضوء بحسب المستقيم CD فى البلور ، لينكسر تبعًا لـ CE فى الهواء . وينشئ من G ناظمًا للسطح GF يلتقى مع CD فى H ومع الضوء المنكسر فى E :



طبق ابن سهل هنا القانون السابق ذكره ومفاده وجود الشعاعين CD فى البلور وCE فى الهواء فى المستوى نفسه مع الناظم GE لسطح البلور. وخلص ابن سهل إلى أن النسبة $CE / CH < 1$ وعمد إلى استعمالها على امتداد بحثه فى العدسات المصنّعة من البلور نفسه. وهو لم يتوان عن العودة إلى "النسبة" نفسها ، واستعاد الشكل نفسه حين مناقشته الانكسار فى هذا البلور. وهذه النسبة عكس قرينة الانكسار ، إذ لو رمزنا بـ i_1 وi_2 إلى زاويتى الناظم مع CD وCE على التوالى ، لحصلنا فى لغة رشدى راشد على ما يلى :

$$\frac{1}{n} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{CG.CE}{CH.CG} = \frac{CE}{CH}$$

أما ابن سهل فأخذ النقطة I على المقطع CH بحيث يكون $CI = CE$ ، والنقطة J فى وسط IH وهو ما يعطينا : $\frac{C1}{CH} = \frac{1}{n}$

وتميز القسمة $CIJH$ البلور فى كل عملية انكسار ، وهو ما يبدو أن ابن سهل قد أدركه ، ويشهد بذلك استعماله المتواصل لهذه القسمة طوال دراساته.

و استعمل ابن سهل أولا : $\frac{AK}{AB}=\frac{CJ}{CJ}=\frac{2}{n+1}$

وعاد بعدها إلى استعمال النسبة $CE / CH = 1 / n$. وبرهن ابن سهل أن اختيار القطع الزائد لصنع هذه العدسات يتعلق بطبيعة البلور، إذ إن انحراف القطع الزائد عن مركزه هو $e = 1/n$. من هنا أدخل ابن سهل قاعدة العودة المتطابقة (الرجوع العكسي) فى الانكسار ، وهى قاعدة جوهرية فى دراسة العدسات ذات الوجهين المحدبين. إنه إذا قانون سنيلليوس نفسه والشكل نفسه الذى تشكل فيه لدى سنيلليوس. ولم يذهب سنيلليوس أبعد من ابن سهل ، إذ أثبت جوليوس وويكنز وفوسيوس أن سنيلليوس قد عرف هذا القانون بالشكل التالى : النسبة CH/CE. كمية ثابتة.

قلب اكتشاف هذه العلاقة نفسها عند ابن سهل فى القرن العاشر الميلادي، التصور السائد لتاريخ العلوم بل قاد إلى صياغة مغايرة لمسألة إعادة اكتشاف هذا القانون مرات عدة وإلى جانب أسماء سنيلليوس وهاريو وديكارت، لابد، من بعد تأريخ رشدى راشد للعلوم فصاعداً، إضافة اسم ابن سهل فى قائمة من صاغوا قانون سنيلليوس.

٦-٦- العدسة المستوية المحدّبة والعدسة محدّبة الوجهين

بين اكتشاف قانون الانكسار وتطبيق مبدأ الرجوع المعاكس للضوء (العودة المتطابقة) مقدار المسافة التى قطعها ابن سهل بعد بطلميوس. ولقد خاض ابن سهل فى دراسة العدسات مستندًا على قانون الانكسار وتطبيق مبدأ الرجوع المعاكس للضوء (العودة المتطابقة)، مما قاده إلى برهنة أن القطع الزائد هو منحنٍ انكسارى ، وإلى صياغة نظرية هندسية للعدسات هى أولى النظريات الهندسية للعدسات فى تاريخ العلوم.

شرع ابن سهل فى دراسة الانكسار متابعًا بإنشاء عدسة مستوية محدبة ، مرورًا بإنشاء ميكانيكى للقطع الزائد ، وصولاً إلى دراسة للخاصة الانكسارية لهذا المنحنى. وبفضل مبدأ العودة المتطابقة أنهى ابن سهل دراسة العدسة الزائدية المحدبة الوجهين. هدف ابن سهل ، أول الأمر، إلى إنشاء عدسة تحدث الإشعال على مسافة معينة بواسطة أشعة متوازية. ويكون لمادتها قرينة الانكسار للبلور نفسها السابقة. وافترض رشدى راشد، على خط مستقيم ، أن النقاط K,B,A و L تشكل قسمة مشابهة للقسمة $CJIH$، بما يعنى فى لغة رشدى راشد أن $AK/AB=CI/CJ$ و$BL=BK$، ولدى رشدى راشد، شارحاً ابن سهل، إذن $AK/AI=CE/CH=1/n$. ويفترض من جهة أخرى، النقطتين M على AB حيث $AM = BK$ ، وN على المستقيم العمودى من B على AB بحيث إن $BN. BM = 4BL . LM$، وأخذ القطع الزائد ذا الرأس B والمحور AM والضلع القائم BN، وتولد ، نتيجة دوران القوس الزائدى BS حول المستقيم AB سطح زائدى ؛ وترسم S دائرة مركزها O

فيحصل على جسم دورانى محدد بالسطح الزائدى وبالدائرة (O,OS). وافترض أن جسمًا كهذا قد صُنع من البلور ذى قرينة الانكسار n. ووضع القضية القائلة بأن أشعة الشمس الموازية إلى OB والعابرة لهذا الجسم، تنكسر على السطح الزائدى لتتقارب فى النقطة A. إن كل شعاع مواز إلى OB يجتاز السطح (O,OS) من دون انكسار ليلاقى السطح الزائدى ، إما فى النقطة B ، وإما فى نقطة أخرى $T - B$:

أ – فى حالة النقطة B ، برهن ابن سهل بالخلف :

– إن المستوى العمودى فى B على OB هو مماس فى B على الجسم الزائدي؛

– وحدانية المستوى المماس فى B ؛

– عدم تلاقى المستقيم AO للمجسم الزائدى خارج النقطة B .

∴ : الشعاع القادم باتجاه OB هو عمودى على المستوى المماس فى B، فلا ينكسر ويصل إلى A ؛

ب– فى حالة النقطة $T - B$ برهن ابن سهل :

– يلاقى المستوى BLT سطح العدسة وفق القطع الزائد VBW ذى المحور BM والبؤرتين A وL ؛

– إن المنصف TZ للزاوية ATL هو مماس فى T على القطع الزائد؛

– إن المستوى الحاوى على TZ والعمودى على المستوى BLT هو مماس فى T على السطح الزائدي، وهو جيد.

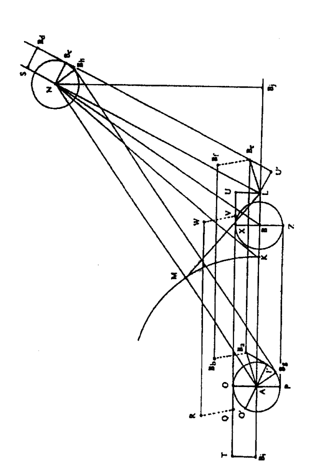
∵ : $AT - LT = BM$.

افترض رشدى راشد أن U' على AT بحيث إن $AU'=BM$ ؛ يكون حينها $TU'=TL$ وتمثل TZ وسيطة المقطع LU' ، فتكون حينئذ LU' هذه عمودية على المستوى المماس. ويفترض XT الشعاع الساقط بشكل مواز على الخط AL . وتوجد الخطوط المستقيمة TZ,TL,XT وTA فى المستوى ATL ، الذى يشتمل على الناظم فى النقطة T على الجسم الزائدى ؛ فينتمى الشعاع المنكسر إلى هذا المستوي. وبما أن المستقيم XT يقطع LZ فى النقطة Ba ، فيكون : $TU'/TB_a=AU'/AL=AK/AL$

فإن : $\frac{AK}{AL}=\frac{CE}{CH}$

$$\therefore\ \frac{TU'}{TB_a}=\frac{CE}{CH}$$

وهكذا تشابه الشكلان TZB_aU' و$CGHE$ ؛ فكان حينئذ $TU'A$ هو الشعاع المنكسر للشعاع الساقط XT ، الذى اجتاز المستوى OS فى Bb من دون أى انحراف ، ليلاقى سطح الجسم الزائدى فى النقطة T. إن حزمة الأشعة المتوازية على AB والساقطة على الدائرة (O,OS) تدخل من دون انحراف فى العدسة لتتحول إلى حزمة أشعة متقاربة فى النقطة A. ثم عرض ابن سهل طريقته فى رسم القطع الزائد رسمًا متواصلاً فانطلق من القسمة (A, B, K, L) التى عرضها من قبل ليحصل على : $AK/AL = 1/n$، حيث n قرينة انكسار البلور المستعمل. ويفترض M نقطة على الدائرة (A,AK) بحيث تكون الزاوية AML منفرجة ، وN نقطة على المستقيم AM بحيث إن $MLN\ LMN =$ ؛ فيكون $NL = NM$ و$AK = AM = NA - NL$ ؛ ويكون بذلك موضع N على القطع الزائد ذا الرأس B والبؤرتين A وL ، ولم يسم ابن سهل القطع المخروطى باسمه. فهو أراد إنشاء القوس BN ، وهو قوس زائدى ، وطريقته فى ذلك مستوحاة من طريقته فى القطعين المخروطين الآخرين. وافترض A فى وسط مقطع OP عمودى على AB بحيث إن :$OP\ AB$ و$OP\ KL$.



وعلى الخط الموازى إلى AB والممتد من O ، نسقط عموديًا L وB فى U وX على التوالى ووضع V وQ بحيث يكون $OQ = UV$ (طول كيفي) ؛ ثم وضع مقطعًا آخر غير محدد $LN > UT$ ويرسم الدائرتين (A, AO) و(B, BX). ووضع U' على العمودى فى L على LN ، بحيث يكون $LU' = LU$ ، ثم رسم $O'AI'$ قطرًا للدائرة (A) موازيًا على LU' . وليكن $I'B_a$ عموديًا على AI' بحيث يكون $I'B_a=OQ$ ؛ ووضع النقاط B_d,B_c,B_e على العمودى فى U' على LU'، بحيث يكون $U'B_e=OQ$ و$U'B_e=LN$ و$UT=U'B_d$. ثم رفع من النقاط B_a,V,Q وB_a مقاطع متساوية وعمودية على المستوى ALM : $QR = VW = BaB_b = B_eB_r$

$\therefore$: $AL=OU=VQ=RW=I'U'=B_aB_e=B_bB_f$

و تكون الدائرة (N) ذات المركز N والمساوية لـِ (A) مماسة فى B_c على $U'B_e$ (إذ كون $NLU'B_c$ مستطيلاً فإن $NB_c=LU'=AI$). ورسم PZ مماسًا مشتركًا على الدائرتين (A) و(B) ، كما رسم المقطع B_gB_h مماسًا مشتركًا على (A) و(N).

فوجد : $PZ=AB$ و $AN=B_gB_h$ و $LN=U'B_c$ و $NS=B_cB_d$

و برهن المعادلتين التاليتين :

المعادلة (١) : $B_gB_h + B_cB_d = PZ + XT$

لأن : $B_gB_h + B_cB_d = AN + NS = AK + MN + NS$ ؛

و كذلك : $MN + NS = LS = UT = LB_i$ حيث B_i مثل الإسقاط العمودى لـِ T على AB . فاستخلص أن :

$$AN + NS = B_gB_h + B_cB_d = AK + LB_i$$

$$=AK + LB + BB_i = AB + BB_i = 1,$$

و كما أن لكل نقطة من نقاط القطع الزائد :

$$AN + NS = AB + BB_i.$$

لكن $PZ = AB$ و $BB_i = XT$ وتصبح المعادلة (١) مثبتة .

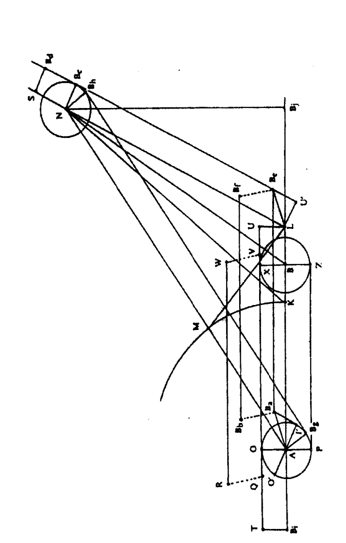
فإن: $B_iH_c=B_gI'$ لأن $\measuredangle B_hNB_c = \measuredangle B_gAI'$ وكذلك نصف دائرة = $O'PB_g+B_hB_c$.

المعادلة (٢) :

$OB_g+B_gB_h+B_hB_c+B_cB_d=PZ$ نصف دائرة + $XT=1+P$

حيث p تمثل نصف محيط احدى الدائرات. لاحظ رشدى راشد أن الدائرتين (A) و(B) لا تتقاطعان ، لأن $AB\ 3\ OP$. كما لاحظ رشدى راشد من جهة أخرى أن : $AN > AB$ ، وهذه ميزة خاصة بالقطع الزائد ، برهنها ابن سهل بالخلف ؛ فحصل بالتالى على : $AN\ OP$ ، ولا تتقاطع الدائرتان (A) و(N). وانطلق ابن

سهل من المعادلة (٢) ليصمم جهازاً قادرًا على رسم متواصل للقوس الزائدى BN . تألف هذا الجهاز من قسمين :



١- يدور القسم الأول حول النقطة الثابتة A. وهو يتألف من نصف دائرة يحدها القطر OP ، ومن المقطعين OQ وRQ. والمقطع RQ عمودى على المستوى LAO؛

٢- يدور القسم الثانى حول النقطة الثابتة L وهو مؤلف من كوس صلب LUT ، ومن مقطع VW عمودى على المستوى LUT ؛ $VW = QR$ وV موجودة على UV ، بحيث يكون $UV = OQ$.

و يتصل هذان القسمان فى ما بينهما بقضيب RW ، يلعب دور الساعد ، فيؤدى دوران القسم الثانى حول Lإلى دوران القسم الأول بزاوية مساوية حول A :

بعد ذلك درس ابن سهل جزءًا متحركًا يتألف من الدائرة (B) التى تلعب دور البكرة ، ومن حزام مثبت فى P وT يلتف حول الدائرة (B) ويكون طول دورته $PZXT$ ثابتًا يساوى $(l+P)$ بموجب المعادلة (٢). فإذا دفعنا الدائرة (B) شرط أن يبقى الحزام مشدودًا ، فإن (B) تدفع بدورها الكوس الصلب TUL ، ليدور الكوس الصلب حول النقطة الثابتة L ساحبًا الجهاز كله، بينما يبقى القضيب RW موازيًا إلى AL . وعندما تتطابق B مع N ، يأخذ الكوس LUT وضع $LU'B_d$ ، وتأتى P إلى O' ، ليأخذ الحزام بذلك وضع $O'PB_gB_hB_cB_d$ وهكذا يرسم مركز البكرة B فى هذا الانتقال القوس BN:

∵ : M هى نقطة التقاء المستقيم AN بالدائرة (A,AK)،

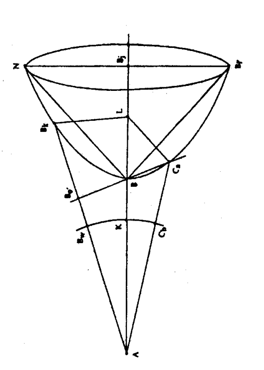
∴ : $NM<NK$ وبالتالى

∴ : $NL<NK$.

∴ : فــفى المثلثيــن NBL وNBK تكــون
$\measuredangle LBN < \measuredangle KBN$

∴ : والزاوية LBN هى بالتالى حادة. أما موقع العمود الساقط B_j من النقطة N على AB فهو إذًا على نصف المستقيم BL . يبرهن ابن سهل فى ما بعد بالخلف أن المستقيم NB_j لا يلتقى القوس BN إلا فى النقطة N . وبدوران الشكل المحدد بالقوسBN والمقطعين BB_j وNB_j، حول المستقيم BB_j، يتولد جسم يفترض أن يصنع من البلور المدروس سابقًا.

وما إن انتهى من الرسم التواصلى للمنحنى المميز بالخاصة (٢) - وهو قطع زائد - حتى انكبّ ابن سهل على دراسة الخاصة الانكسارية من دون الالتفات لبرهنة كونه قطعًا زائدًا. فبرهن القضية القائلة بأن أشعة الشمس الموازية لـ BB_j والساقطة على الجانب (B_j) تعبر هذا الجانب من دون انحراف ، لتسقط على السطح الزائدى (B) ، فتتكسر عنده باتجاه النقطة A. ولبرهنة هذه القضية أخذ ابن سهل على السطح الزائدى نقطة B على المحور ، ومن ثم نقطة أخرى خارجه ، ودرس فى كلتا الحالتين المستوى المماس ومسار شعاع الضوء. وبدأ رشدى راشد بالنقطة B : القوس NBB_i فى المستوى BLN وهو قوس زائدى رأسه B:



وافترض BB_o' عموديًا على BL. وبرهن ابن سهل بالخلف، أن BB_o' هو مماس فى B على القوس NBB_i'

وأنه المماس الوحيد فى هذه النقطة. ثم انتقل إلى المستوى العمودى على المستوى BLN ، الحاوى على المستقيم BB_o' ، فبرهن أنه مماس فى النقطة B على السطح (B) وإنه المستوى المماس الوحيد فى هذه النقطة. وبرهن ابن سهل – بالخلف – أن المستقيم AL لا يلتقى مع السطح (B) إلا فى النقطة B فقط. فإن ضوء الشمس يمتد إذًا فى البلور باتجاه B_jB ، ومن ثم فى الهواء باتجاه BA . ثم انتقل رشدى راشد إلى نقطة C_g المختلفة عن B. شكّل الخط C_hBC_i التقاء المستوى BLC_g بالسطح (B) . وبرهن ابن سهل بالخلف أن المنصف C_gC_j للزاوية LC_gA هو مماس فى C_g لهذا الخط ، وأنه المماس الوحيد. وبرهن ابن سهل أن المستوى العمودى على المستوى ALC_g ، والمأخوذ من المستقيم C_gC_i ، هو مماس إلى السطح (B) فى النقطة C_g. ثم وضع C_l ملتقى AC_g مع الدائرة (A,AK)، يلتقى المستقيم LC_l مع المماس فى النقطة C_j ، وهو بدوره عمودى فى هذه النقطة على المستوى المماس. إن الموازى المأخوذ من C_g على AL يقطع المستـــوى (B_j) فى C_w ، كما يقطع المستقيم Lc_l فى النقطة C_v ؛ $\therefore$: $\frac{C_gC_1}{C_gC_1}=\frac{AC_1}{AL}=\frac{AK}{AL}$

$$\therefore : \because \frac{AK}{AL}=\frac{CE}{CH}$$

$$\therefore : . \frac{C_gC_1}{C_gC_1}=\frac{CE}{CH}=\frac{1}{n}$$

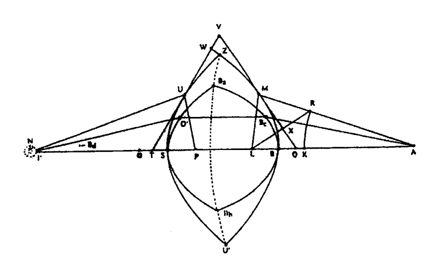
ومن ناحية أخرى برهن ابن سهل بالخلف أن C_g هى نقطة التلاقى الوحيدة للسطح(B) مع المستقيمين C_wC_v وACg. فإن الشعاع الشمسى الموازى لـــ AL ، يسقط على المستوى (B_j) فى C_w ، ويدخل فى الجسم لينتشر باتجاه C_wC_g ؛ فينكسر C_g على السطح (B) وينتشر فى الهواء باتجاه C_gA . وهذه حالة كل شعاع شمسى يسقط على الجانب (B_j).

٦-٧- العدسة المحدبة الوجهين

أنهى ابن سهل دراسته بإنشاء عدسة محددة بجزأين من مجسمين زائدين دوارين حول المحور نفسه ، مصنعة من البلور نفسه للعدسة السابقة. واستعمل النتيجة التى أثبتها خلال دراسته العدسة المستوية المحدبة مفترضًا مبدأ الرجوع العكسى للضوء (العودة المتطابقة). وتظهر العدسة محدبة الوجهين وكأنها التصاق عدستين مستويتين محدبتين.

أخذ ابن سهل على خط مستقيم قسمة A, K, B, L شبيهة بالقسمة C,I,J,H ، ليقرنها بقوس BM من قطع زائد رأسه B وبؤرتاه A وL. ثم أخذ قسمة أخرى N,O,S,P شبيهة بالقسمة C,I,J,H ، فقرنها بقطع زائدى رأسه النقطة S وبؤرتاه P وN :

$$\therefore CI/CH = NO/NP = AK/AL = 1/n$$



و n هى قرينة انكسار البلور نسبة للهواء. إن المنصف MQ للزاوية AML هو مماس على المنحنى BM فى النقطة M. ووضع R على AM بحيث $MR = ML$ ، (وبالتالى $AR = AK$) ؛ ويلتقى عندئذ MQ مع LR فى X بزاوية قائمة ، فتكون LQX هى زاوية حادة. والمنصف UT للزاوية NUP ، هو مماس للمنحنى SU ، والزاوية PTU هى حادة ، فإن المستقيمين MQ وTU يتلاقيان ولتكن V نقطة التقائهما. يلتقى المنحنى BM مع الخطوط المستقيمة QB وQM وTV فى نقطة واحدة فقط ، هـــى بالتوالى B وM وW . ولا يلاقى المنـــحنى SU المستقيم TV إلا فى U ؛ وهو يلاقى المنحنى BW فى النقطة Z. وأراد إثبات المستقيم BS ، ودوّر حوله السطح المحدد بالقوسين BZ وZS وبالمستقيم BS ، فترسم النقطة Z الدائرة ZBU ومن ثم تنتشر لتتلاقى فى النقطة A فتُشعلها. بدأ ابن سهل بدراسة حالة النقطة S. إن الخط المستقيم NS يلتقى سطح الجسم المضيء فى النقطة I' . فإذ بالشعاع $I'S$ ، المنتشر فى الهواء ، يدخل هذا الجسم فى النقطة S ، وينتشر باتجاه SB ، ليخرج من النقطة B وينتشر باتجاه BA. ثم واجه ابن سهل حالة أية نقطة O' مختلفة عن S . إن المستوى BSO' يقطع سطح الجسم باتجاه $SO'B_a$ وB_aB_cB (إذ إن B_a هى وضعية للنقطة Z ، كما أن القوس $SO'B$ هو وضعية للقوس SZ ، أما القوس B_aB_cB فهو وضعية للقوس ZB) ؛ ولكن على افتراض أن $O'B_c$ موازٍ لـــ BS ، ووضع B_d ملتقى المستقيم NO' مع سطح الجسم المضيء . فإن الضوء المنبثق من النقطة B_d سنتشر فى الهواء باتجاه B_dO' ، فيخترق البلور فى النقطة O' ، وينتشر باتجاه $O'B_c$ ليعود ويخرج من B_c ، ثم يعود لينتشر باتجاه B_cA. فإن حزمة أشعة صادرة عن منبع ضوئى N تنكسر أولاً على الجانب S وتتحول إلى حزمة أشعة متوازية (أسطوانية) لتسقط بدورها على الجانب B حيث تنكسر ثانية وتتحول إلى حزمة أشعة تتقارب فى النقطة A.

من هنا فإن دراسة المرايا المحرقة هى التى قادت ابن سهل ليبحث فى الانكساريات. ودارت دراسة المرايا المحرقة حول التساؤل عن الإشعال وعلى مسافة معينة بواسطة أشعة متوازية ، أو منبثقة من منبع ضوئى موجود بدوره على مسافة متناهية ، لا من طريق الانعكاس وحسب بل وبواسطة الانكسار. وكانت قوة تملكه نظرية القطوع المخروطية شرط أبحاثه حول انعكاس الضوء وأدت إلى ولادة فصل انعكاس الضوء فى العلوم. وكما فى البحث فى المرايا المحرقة ، انطلق من تطبيق البنى الهندسية ، وبخاصة، نظرية القطوع المخروطية ، على بعض الظواهر الضوئية للتوصل إلى الهدف التطبيقى ألا وهو : الإشعال من منبع ضوئى، بعيدًا كان أم قريبًا.

و فى هذا النوع من المعرفة التى ارتبطت بإنشاء النماذج لم يتركز اهتمامه على صياغة تصور للقواعد المثالية للظواهر والقوانين. فهو بحث عما يتضمنه من عناصر ضرورية للجواب عن التساؤل التطبيقي. فإن موضوع الانكساريات الجديد لا يختلف عن دراسة للمرايا المحرقة إلا بدرجة تعقيد العناصر ودقة البنى الرياضية المطبقة. وهذا التشابه المعرفى بين البحث الانعكاسى فى المرايا المحرقة ، والانكسارى فى العدسات ، يعيد التأكيد على أن البحث الانكسارى فى العدسات هو امتداد للبحث الانعكاسى فى المرايا المحرقة ، مع فارق فى خصائص استعمال الطرق والنماذج. هناك أسلوب يرتكز على أساس هندسى فى كلتا الحالتين. فالرياضى ليس ملزمًا بانتقاء مذهب معين حول طبيعة الضوء تمثيلا لا حصراً أو حول أسباب الانعكاس أو الانكسار.

و انحصر اهتمام ابن سهل فى الإشعال ، وكانت دراسته هندسية خالصة. فالتجربة لم تشكل جزءًا من البرهان نفسه. فلا يتخطى ابن سهل بذلك حدود بناء النموذج وإنشائه اللازمين لصنع العدسة. وذلك لتحقيق مراده بالإشعال . من هنا فقد أسهم فى تحسين الدراسة الهندسية وتطويرها ، تاركًا للاستعمال اللاحق دراسة القيمة التطبيقية لهذا النموذج المستحدث ومدى فعاليته.

ذلك هو فحوى اكتشاف ابن سهل وبداية علم الانكساريات. إنها المرة الأولى، منذ كتاب المناظر لبطلميوس، التى يتقدم فيها علم الانكساريات تقدمًا ملموسًا ومهمًا. فابن سهل كان يعلم أن الشعاعين الساقط والمنكسر يقعان فى مستو واحد مع الناظم ، كل واحد فى جهة منه. كما كان يعلم مبدأ الرجوع العكسى (العودة المتطابقة) للضوء . وأضاف إلى ذلك قانون سنيلليوس ، الذى توصل إلى اكتشافه بنفسه. فلقد أدخل ابن سهل نسبة الشعاع المنكسر إلى المسافة ما بين الصورة ونقطة السقوط (*CE/CH* فى دراسته كلها) ، كنسبة ثابتة تحدد وسطًا ما بالنسبة إلى الهواء.

لكن ابن سهل لم ينظر بالمقابل ، عند دراسته العدسات ، إلا إلى نوع واحد من الأشعة ، ألا وهى الموازية للمحور فى حالة العدسة المستوية المحدبة ، أو المنطلقة من بؤرة أحد الجانبين الزائدين فى حالة العدسة محدبة الوجهين ؛ ليحصل بذلك وفى كلتا الحالتين على تجميع الضوء المنكسر فى نقطة واحدة من المحور. من جهة أخرى ، لم يول ابن سهل أى اهتمام لصياغة القوانين والقواعد الفيزيائية. فغياب هذه الصياغة ليست مصادفة بل نبعت من غياب التساؤل حول الأسباب الفيزيائية للانكسار. لم يحاول تفسير أشكال انتشار الضوء. واختلف الأمر تمامًا عندما قارب مسائل صورة جسم ما من خلال العدسة، إذ لم يكن بالإمكان عندئذ اجتناب مسائل تسديد النظر أو الزيغ البصري. فهذه المسائل التى لم يتعرض لها ابن سهل قادت ابن الهيثم من بعده إلى تحديد جديد للعلاقات بين شروط الإبصار ، وشروط انتشار الضوء.

سادساً – مخطوطات القوهى فى الإسقاطات

تقع مخطوطات القوهي، حسب رشدى راشد، فى سياق الكشف عن طريقة التحويلات فى الهندسة فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادى ودراسة مجموعتين من المسائل[٦]:

١- مجموعة المسائل الرياضية الخالصة. تنتمى هذه المجموعة إلى المدرسة الأرشميدسية والأبولونية العربية. وهى تضم مسائل ظهرت فى أثناء دراسة المخروطات ، ومساحات بعض القطوع الناقصة والمكافئة، كتطبيق ثابت بن قرة الأفينية لتحديد المقطع الاهليلجي، وكتطبيق إبراهيم بن سنان الأفينية لتحديد القطع المكافئ ، وهى تضم مسائل ظهرت فى أثناء رسم بعض المنحنيات كرسم إبراهيم بن سنان القطع الزائد من دائرة؛

٢- مجموعة المسائل التطبيقية الهندسية لحل المسائل الرياضية الفلكية، ولاسيما مسألة تمثيل الكرة، بهدف إنشاء إسطرلاباتهم. وهذه المسائل قديمة. فبطلميوس قد لجأ إلى الإسقاط التسطيحي.

و سجل رشدى راشد فى القرن التاسع الميلادى تقدما فريدا فى إنشاء الإسطرلابات واستخدامها. وقد أثار الطلب المتزايد زيادة الأبحاث حول الإسقاطات بغرض إنشاء الإسطرلابات. وانكبّ الرياضيون أمثال الكندى وبنى موسى والخازن وإبراهيم بن سنان والسجزى وغيرهم من العلماء، على دراسة الرسم الهندسى للأشكال على الإسطرلاب ، وعلى طريقة الإسقاطات. وانكبّ الرياضيون–الفلكيون أمثال ما شاء الله والمرورذى والفرغانى وحبش والصوفى وغيرهم على الموضوعات نفسها. من هنا بحث الرياضيون والرياضيون–الفلكيون فضائل الإسطرلابات المختلفة ومزايا الإسقاطات المختلفة. فى عهد الخليفة المأمون اخترع الكندى – أو المرورذى – إسقاطًا أسماه المبطّخ وهو ما سُمى باسم إسقاط لومبير وكانيولى فيما بعد. ودرس رياضيو

بنى موسى بالنقد هذا النوع من الإسقاط كوسيلة لإنشاء الإسطرلاب . وقدم الفرغاني، فى عهد الخليفة المأمون، أول عرض نظرى فى تاريخ الرياضيات عن الإسقاط التسطيحي. وأدّت هذه الأبحاث إلى نشأة مشروع رياضى جديد. وأدّت هذه الأبحاث إلى إعداد النظرية الأولى لمنهج الإسقاطات ، والهندسة الإسقاطية الموضعية للكرة. وانطلق هذا الجدل من بداية القرن العاشر الميلادى والقرن التاسع الميلادي، من بحوث القوهى وابن سهل، فى النصف الثانى من القرن العاشر الميلادي.

شارك القوهى ابن سهل فى التأسيس لفصل من الهندسة : النظرية الهندسية لطريقة الإسقاطات. من هنا لم يُعن القوهى بالمسائل التطبيقية التى قد تشغل الحرفيين صناع الإسطرلابات، إنما عَنِى بالنظرية الهندسية لطريقة الإسقاطات. إن الإسطرلاب هى آلة لدراسة الفلك المتحرك بحركة دورانية حول محور ، والإسقاط على سطح متحرك منطبق على سطح ثابت . فانصرف القوهى وابن سهل إلى دراسة إسقاط كرة ذات محور معلوم على سطح دورانى أو غير دوراني. وقادتهما هذه الدراسة إلى تمييز حالتين للسطح الدورانى ، تبعًا لكون محوره موازيًا لمحور الكرة أم لا. وهكذا حاول القوهى وابن سهل من بعده ، تعريف الإسقاطات الاسطوانية – ذات منحى مواز أو غير مواز لمحور الكرة – والإسقاطات المخروطية من رأس ينتمى إلى هذا المحور أم لا. تلك كانت المرة الأولى التى ظهرت فيها تصور الإسقاطات الاسطوانية وتعبيرها، وهى إسقاطات عمودية أو مائلة. تلك كانت المرة الأولى التى ظهرت فيها تصور الإسقاطات المخروطية من نقطة كيفية على المحور ومن نقطة تقع خارج المحور.و شرع القوهي، إذن، فى دراسة الإسقاطات الاسطوانية قبل البيروني. وربما جرت هذه الدراسة فى الوقت نفسه الذى درس فيه الصاغانى الإسقاطات المخروطية من نقطة خارج الأقطاب وخارج المحور. ولم يدع القوهى أية أسبقية كما لم ينسبها ابن سهل للقوهى نفسه من بعد القوهي. ولا تقل أهمية طريقة عرض القوهى وابن سهل لهذه التصورات الجديدة عن أهمية هذه التصورات نفسها. إن هذه التصورات تشكل أصول مقال فى طريقة الإنشاءات، ذلك المقال الذى أثارته مسائل صناعة الإسطرلاب، مع أن المقال فى طريقة الإنشاءات صيغ من خارج مسائل صناعة الإسطرلاب.وحدد القوهى حالات الإسقاط المختلفة : الإسقاط الاسطوانى ذى الاتجاه غير الموازى لمحور الكرة، والإسقاط المخروطى ذى الرأس الذى لا يقع على الكرة ، أى أدخل ابن سهل النماذج المختلفة للإسقاطات ، فى حين أن الإسطرلاب لا يستلزم إلا الإسقاط التسطيحى منها.

٦-١- سمة البحث الهندسي

و درس رشدى راشد مراحل النماذج المختلفة للإسقاطات عند القوهى :

٦-١-١- صياغة التصورات الاسقاطية، من دون أن يتطلب ذلك أية معرفة بالإسطرلاب، أو بعلم الفلك.

وهدف القوهى إلى حل المسائل الهندسية فى أثناء صنع الإسطرلاب؛

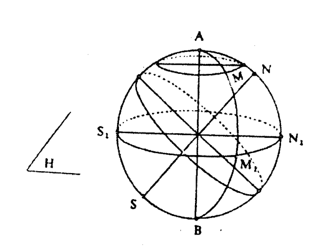
٦-١-٢- التعريف بالمصطلحات اللازمة :

٦-١-٢-١- لصياغة المسائل الهندسية ؛

٦-١-٢-٢- لتحديد مواضع نقاط الكرة السماوية؛

٦-١-٣- دراسة إسقاط دائرة من الكرة السماوية؛

لقد سلم علماء الهندسة بأن مركز الكرة السماوية هو مركز الأرض نفسه ، وهذه الكرة السماوية تدور حول الخط NS ، وهو خط القطبين الشمالى والجنوبى :



وافترض H مستويًا يمر فى المركز ، ويسمى هذا المستوى "الأفق" H, A وB هما "قطبا" الأفق H. تسمى الدائرة ، ذات القطر AB والتى تمر فى القطبين الشمالى والجنوبى ، بـــ "خط الزوال" التابع لـِ H. يتحدد الأفق بالقوس AN ، ويسمى مسافة القطبية. تسمى كل دائرة تمر فى القطبين A وB، "دائرة الارتفاع" للأفق H . وتحدد دائرة كهذه AMB تمثيلا لا حصراً ، بمسافتها عن خط الزوال ، أى القوس $M1N1$ ، الذى يُعرف اليوم باسم "السمت". تتميز دائرة ما موازية للسطح H بارتفاعها المقاس على دائرة الارتفاع ؛ فى الدائرة الموازية فـــى M يعادل الارتفاع القوس MM . يحدد القوسان $M1N1$ و$M1M$ موضع النقطة M فى الأفق H ؛ هذه هى الإحداثيات الأفقية. وأطلق القوهى اسم "دائرة السمت" ، أو "السمت" ، تارة على دائرة الارتفاع ، وتارة على إسقاطها على مستوى الإسطرلاب. يقطع مستوى فلك البروج الكرة وفق دائرة كبيرة ، هى أفق خاص ، يسمى إسقاطها على الإسطرلاب بـــ دائرة البروج. يتحدد موضع نقطة ما بالنسبة إلى مستوى البروج بقوسين هما الإحداثيات البرجية ، على غرار أفق ما H . ويمكننا تقسيم فلك البروج بحسب قيم مختلفة للسمت ، فعلى سبيل المثال ، تتوافق صور البروج الاثنى عشر مع تقسيم السمت $30°$ إلى $30°$ ينشأ الإسطرلاب لمكان معين بحسب خط عرض هذا المكان. ويرسم، من ناحية أولى على مستوية الأفق الخاص بهذا المكان والدوائر

الموازية لهذا الأفق، والتى تشكل حزمة دوائر نقطتاها الحدوديتان هما إسقاطا قطبى الأفق، ونرسم من ناحية أخرى دوائر الارتفاع التى تمر كلها بإسقاطى القطبين. تتعامد كل دائرة من احدى الحزمتين مع جميع دوائر الحزمة الأخرى . وحدها ، الدوائر الأفقية القريبة من أحد قطبى الأفق ، يمكن تمثيلها كاملة . أما بقية الدوائر فيمثلها فقط إسقاط قوس منها. وكذا الزمر مع دوائر الارتفاع ، لأن الكرة السماوية ليست مسقطة بكاملها على الإسطرلاب.

فإن المسائل التى تطرق إليها القوهى كلها هى مسائل هندسية. وأشار رشدى راشد إلى طريقته فى مقاربة هذه المسائل الهندسية. تتمثل الكرة السماوية بكرة S مركزها C وقطبها P ، ومستوى الإسطرلاب هو المستوى الاستوائى π المقرون بهذا القطـــب. تتصل المسائل كلها التى طرحهـــا القوهى بـــ s وπ ، إذ إن π هو الإسقاط التسطيحى للكرة S من القطب πP.هى متحولة S بالنسبة إلى تعاكس مركزه P وقدرته $2R2$ ، حيث R هو شعاع الكرة.

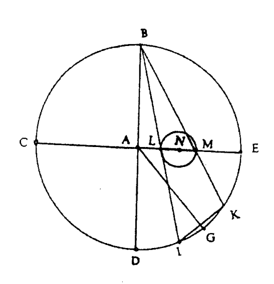
هكذا فسر القوهى – فى ضوء S وπ– كيفية إنشاء على πإسقاط دائرة مرسومة على S ، دائرة موازية ومن ثم دائرة ارتفاع لأفق معين. وحدد المستوى π وطلب تحديد الكرة S بواسطة مركزها وشعاعها. يعرف نقطة A من المستوى π والمسافة الزاوية من مماثلتها إلى قطب الكرة ، ومعطية ثالثة يمكن أن تكون إما نقطة – كالقطب أو كمركز الدائرة – وإما طولاً – كشعاع الكرة أو القطع الذى يصل مركز الكرة أو قطبها بمماثلة احدى النقاط التى نعرف بعدها الزاوى عن القطب – . فإن المعطية التالية هى : نقطة B من المستوى π ، والمسافة من مماثلتها إلى قطب الكرة. ترجع كل مسائل الفصل الأول إلى إنشاء نقطة ما.

وعرف أن دائرة فى المستوى π والبعد الزاوى بين قطب مماثلتها وقطب الكرة ، ومعطية أخرى يمكن أن تكون قطب الكرة أو مركزها أو شعاعها ، أو طولاً يساوى المسافة بين نقطتين من المستوى π أو بين نقطة من الكرة وأخرى من المستوى π. فى المسألة السادسة من هذا الفصل ، تكون المعطية الثالثة : نقطة E من المستوى π مماثلها وقطب الكرة . ويقوم القوهى أحياناً ، من طريق إنشاء مساعد ، بتحويل مسألة إلى مسألة سابقة.

و يتألف الفصل ٦ من مسألة واحدة، لا يعرف فيها لا π ولا S. والمعطيات هى : قطب الكرة B من S والنقطة A من π ، ومماثلتها بالنسبة إلى أفق معين. يعرف إذن البعد الزاوى من قطب هذا الأفق إلى قطب الكرة ، ومسافتين أخريين ، هما الاحداثيان الأفقيان – السمت والارتفاع – لمماثل A بالنسبة إلى الأفق المحدد.

تلك كانت مسائل الإسقاطات الهندسية.

و درس القوهى إسقاط دائرة موازية لأفق ما على مستوى الإسطرلاب. وتفترض الدائرة ذات المركز A ، وسطح الإسطرلاب ، وقطران BD وCE متعامدان فى الدائرة :



حدد أفق معروف بالقوس DG ، حيث G هى قطب للأفق وD قطب للكرة . والمطلوب هو تمثيل دائرة يكون مستويها موازيًا لهذا الأفق المعروف ومحددًا بالقوسGI ، وهو المسافة بين نقاط هذه الدائرة وبين قطب الأفق G . هذه الدائرة هى الدائرة ذات القطر IK. رسم القوهى الشكل فى مستوى خط الزوال π للأفق المعروف، وتمثل الدائرة $BCDE$ فى الوقت نفسه ، خط الزوال هذا وانطباق المستوى الاستوائى على π ، وفق المستقيم EC. يقطع المستقيمان BI وBK المستقيم CE فى L وM . تكون إذًا الدائرة ذات القطر LM الإسقاط التسطيحى على المستوى الاستوائى للدائرة ذات القطر IK ، وانطباقها يكون الدائرة المطلوبة. ويكون بالتالى ارتفاع هذه الدائرة بالنسبة إلى أفق معين معروفًا.

و درس القوهى إنشاء دائرة سمتية ، أى الإسقاط التسطيحى لدائرة تمر فى القطبية. وافترض الدائرة $BCDE$ ذات المركز A سطحًا للإسطرلاب. يمثل قطبا الكرة بـــ B وD، وقطبا الأفق المعروف بـــ G وI . نريد أن نسقط على مستوى الإسطرلاب دائرة تمر فى القطبين G وI وفى النقطة S المعروفة فى الأفق ، أو دائرة موازية للأفق ، يكون KL قطرا لها. وتمثل الدائرة $BCDE$ فى الوقت نفسه خط زوال الأفق المعروف، وانطباق المستوى الاستوائى على مستوى خط الزوال. فإذا كانت الدائرة KL لا تمر فى النقطة B، يكون عندئذ إسقاطها دائرة NM مركزها على CE ، فى المستوى الاستوائي. وإذا كانت KL لا تمر بـــ A ، نأخذ الانطباق KSL للدائرة ذات القطر KL على مستوى الشكل ، حيث القوس SL هو المسافة من S إلى خط الزوال . وليكن SO متعامدًا على LK . تقطع المستقيمات BI,BG وBO المستقيم CE على التوالى فى Q,F وU. لنأخذ UN متعامدًا على CE حيث N هى إسقاط S ؛ فتكون الدائرة FNQ هى دائرة السمت ، وهى إسقاط الدائرة التى تمر فى G,S وI . إذا كان المستقيم KL يمر بالنقطة A ، تكون الدائرة KL دائرة كبرى على الكرة ، وبالإمكان انطباقها على مستوى الشكل وفق الدائرة $BCDE$. تنتمى النقطة S عندئذ إلى الدائرة المحددة بالقوس المعطى LS . ويتم إنشاء النقاط U,O وN كالسابق ، وكذلك النقطتين F وQ ، وتكون الدائرة المطلوبة هى : FNQ.

إذا كانت الدائرة KL تمر فى القطب B ، يكون إسقاطها على المستوى الاستوائى هو مستقيم تقاطع هذا المستوى مع مستوى الدائرة ؛ إنه إذن مستقيم عمودى على المستوى BLD ، وبوجه خاص على BL.

فى إسقاط الدائرة التى تمر فى قطبى الأفق المعروف G وI، يفترض القوهى BL قطرًا للدائرة الموازية للأفق ذات القطبين G و I ، والنقطة K التقاء BL مع AC ، وS نقطة يكون معها القوس LS مساويًا للمسافة المعطية . يتقاطع العمودى فى K على BK ويقطع BS وBI مع CE فى P وQ ، عندئذ تكون الدائرة PNQ هى الدائرة المطلوبة . وإذا رسمنا فى مستوى الشكل الدائرة ذات القطر BL ، فإنها تكون انطباق الدائرة الموازية للأفق على مستوى خط الزوال ؛ ويقطعها المستقيم BO فى M ؛ ويكون القوسان LS وLM متشابهين ، لانحصارهما بالزاوية المحوطة ذات الرأس B نفسها ؛ إذًا الدائرة IMG على الكرة ، هى دائرة السمت التى نبحث عن إسقاطها على مستوى الإسطرلاب.

إن إسقاط M هو O ، الذى ينطبق على مستوى الشكل فى N . وإسقاطا G وI هما على التوالى P وQ ؛ إذن الدائرة PNQ هى إسقاط الدائرة IMG على المستوى $BCDE$. كما يكون إسقاط جميع الدوائر المارة فيI وG دوائر مارة فى P وQ . وبرهن أن مراكز هذه الدوائر تقع على المستقيم KN.

هدف القوهى هو إذن فى هذه المسألة تبيان أنه إذًا إذا عُرفت النقطة A ، وهى إسقاط P على مستوى الاستواء ، والنقطة B والمعطيات الثلاثة h,x وβ فيُمكن عندئذ تحديد النقطة M ، وبالتالى إنشاء الدائرتين CAD وEAG وهما إسقاطى الدائرتين: دائرة ارتفاعها معروف ودائرة السمت.

من هنا مثّل صنع الإسطرلاب ومسائله النظرية والتقنية حول التمثيل الدقيق ، أساسًا للأبحاث الأولى حول الإسقاطات ابتداءً من القرن التاسع الميلادي. وقد قادت هذه الأبحاث الرياضيين قبل انتهاء القرن العاشر الميلادي، إلى إدراك فصل الإسقاطات الجديد فى الهندسة. ففى ضوء تبيانهم العناصر الهندسية الكامنة فى صنعة الإسطرلاب ، ومقارنتهم مختلف مناهجها ، وتساؤلهم حول تجانس مختلف الإسقاطات المتبعة، توصل الرياضيون إلى اعتماد الإسقاطات موضوعًا للدراسة.

٦-٢- النظرة الاسقاطية

و قد لعب القوهى وابن سهل دورا هندسياً خالصاً فى هذه العملية. اكتشف العلماء النظرة الاسقاطية ، فصارت هذه الكلمة تعنى ، منذ ذلك الحين، دراسة الإسقاطات الاسطوانية والمخروطية للكرة ، وللكرة وحدها بنقاطها ، وأقطارها ، ودوائرها ، والأشكال المرسومة عليها. وقد بات ذلك واضحًا بعرض لهذه الإسقاطات

ولخصائصها بمعزل عن الإسطرلاب، ثم المسائل المحلولة بالإسقاط التسطيحى ، والتى كان يمكن طرحها ، على الأقل نظريًا ، فى معرض صناعة الآلة واستعمالها. فصل هذا العرض إلى قسمين مستقلين :

٦-١-٢-إسقاطات الكرة وحدها؛

٦-٢-٢- مسائل الإسطرلاب.

و قد بان جليًا حدود استقلال هذا المجال عن الميدان الذى نشأ منه . وصارت المسألة المعكوسة تحتل فى تراث هذا الميدان بالذات مكانة خاصة ؛ فبدلاً من الانطلاق من الكرة المسقطة ، ننطلق بالعكس من تمثيل الكرة المسقطة. ذلك كان مسعى القوهى وابن سهل.

من الجلى إذًا أن كلمة "هندسي" كانت تعنى تلك الدراسة الاسقاطية للكرة ، التى مثلت منذ ذلك الحين فصاعداً فصلاً جديدًا فى الهندسة يتميز بلغته وطرق البرهان فيه. فلغته خليط تمتزج فيه مفردات نظرية النسب ، أى لغة الهندسة التقليدية ، بمصطلحات دلت بعد ذلك التاريخ على التصورات الاسقاطية. وأما البراهين فإنها تتألف من مقارنات النسب والإسقاطات والانطباقات . وعندما أثبت القوهى الخاصة التالية : كل دائرة مرسومة على الكرة ، ولا يحتوى مستويها على القطب يقابلها فى الإسقاط التسطيحى دائرة فى مستوى الإسقاط، والعكس صحيح . لقد استخدم القوهى القضية الأولى من المقالة الخامسة من كتاب "المخروطات" لأبولونيوس ، وهى القضية التى تدرس تقاطع مخروط دائرى القاعدة مع مستوٍ، فى حال كان مستوى القاعدة والمستوى القاطع مستويين مضادين للمتوازي. إن فكرة التعاكس لا تمس ابن سهل أكثر مما تمس القوهى ، ولا واقع اقتصار الإسقاط التسطيحى على تعاكس فى الفضاء . لكن القوهى استخدم فى الإنشاءات الهندسية المستوية ، تقنية الانطباق. ذلك أن حل ما طرحه من مسائل لا يستلزم اللجوء إلى خصائص التعاكس - مالمحافظة على قيم الزوايا ولاسيما التعامد ، كالحالة التى نحن بصددها - بل عن طريق الخاصة القائلة بتواجد نقطة ما ومثيلتها وقطب الإسقاط على مستقيم واحد. وهكذا نشأ فصل الإسقاطات من مسائل الإسطرلاب التى كان الرياضيون قد بدءوا يجيبون عنها قبل القوهى وابن سهل بأكثر من قرن من الزمان. ولم يتوان خلفاء هذين الرياضيين - كالبيروني، تمثيلا لا حصراً - عن العودة إلى فصل الهندسة الاسقاطية.

سابعا : مخطوطات أبى الفتح عمر بن إبراهيم الخيامى فى الجبر

سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب إلى اجتماع الرياضيين بين بعض الأدوات فى حل المعادلات العددية والجبر ، وإلى أن ذلك عاد إلى تيارين فى القرن الحادى عشر الميلادى كانا يهدفان إلى تحديد الجبر وتوسيع مجاله :

١- تطبيق الحساب على الجبر ، ومحاولات غير مباشرة لتوسيع مفهوم العدد. وأضافت أعمال الكرجى المتبوعة بأعمال أتباعه أمثال السموأل إلى المسألة التى نحن بصددها، أول مجموعة من الأدوات ؛

٢- التقدم بالجبر من خلال الهندسة. وقد قادت الدراسة الجبرية إلى المنحنيات وتأسست الهندسة الجبرية. وقد تميّز هذا التيار باسمى عمر الخيّام وشرف الدين الطوسى ، وشكّل المجموعة الثانية من الأدوات المطلوبة، وصار بالإمكان طرح مسألة المعادلات العددية.

من هنا حقق رشدى راشد آثار الخيام الجبرية ونشرها[٧] . فأحيا بهذا آثار أول من صاغ نظرية هندسية للمعادلات الجبرية. وأسهم بصورة معينة فى إبداع الهندسة التحليلية بالمعنى الذى ورد فى كتاب ديكارت عن "الهندسة" فى القرن السابع عشر الميلادي. وقد ألحت عليه فكرة تحقيق رسائل الخيام عندما كشف لأول مرة عن أعمال شرف الدين الطوسى وأهميتها البالغة فى تاريخ الهندسة التحليلية أو تاريخ الهندسة الجبرية. فعند تحقيقه لكتاب شرف الدين الطوسى كان كثيرًا ما يعود إلى آثار الخيام لتحديد أثره ولتعيين تجديد شرف الدين الطوسى نفسه. وأحس رشدى راشد فى أثناء هذا العمل بحاجة ماسة لطبعة جديدة محققة لآثار الخيام تغنى عن تكرار مؤلفاته كذيول لكتاب شرف الدين الطوسي. وأسس ذلك لرؤية تاريخية للخيام ولذلك الفرع من الجبر : الهندسة التحليلية أو الهندسة الجبرية. فقبل تحقيق رشدى راشد للخيام كنا لا نعرف إلا الخيام نفسه، وكنا نجهل من تبعه ودرس ابتكاراته ومن ثم كنا لا نعرف شيئًا عن أثره فى تاريخ العلوم الجبرية.

ومما زاد فكرة تحقيق آثار الخيام إلحاحًا الكشف عن نص "فى قسمة ربع الدائرة" لم ينشر محققا بعد رغم أهميته لفهم ما قصد إليه الخيام ، ولوعى مشروعه العلمى فضلا عن مخطوطات لرسالته فى الجبر لم تكن معروفة فى منتصف القرن التاسع عشر الميلادى عندما حققها المستشرق الفاضل ويبكه وترجمها إلى اللغة الفرنسية ودرسها.

٧-١- حياة الخيام

فى أواسط القرن الخامس الهجرى الموافق لأواسط القرن الحادى عشر الميلادى ولد نيسابور لإبراهيم الخيامى أبو الفتح عمر. فمن نسبته إذًا يبدو أن أباه أو أحد أجداده كان بائعًا للخيم. ولكن أبا الفتح عمر كثيرًا ما كان يسمى نفسه بالخيام لا بالخيامي. فمؤلفنا هو إذًا أبو الفتح عمر بن إبراهيم الخيام الرياضى الشاعر. فإننا لا نعرف عن حياته الكثير. ولكن الجميع يشهد له بالنبوغ فى العلم ويقر له بالإمامة فيه ، وكذلك فى الشعر والأدب. كان نيسابورى الميلاد والآباء والأجداد، وكان تلو أبى على ابن سينا فى أجزاء علوم الحكمة.

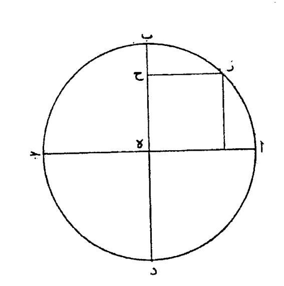
وقد تأمل كتابًا بأصفهان سبع مرات وحفظه، وعاد إلى نيسابور وأملاه. ولم يصنف إلا مختصرًا فى الطبيعيات ورسالة فى الوجود ورسالة فى الكون والتكليف، وكان عالمًا باللغة والفقه والتواريخ.

و افترض رشدى راشد أن ميلاد الخيام يرجع لسنة ٤٤٠ هجرية أى سنة ١٠٤٨ ميلادية. الحكيم على بن محمد الحجازى القلبى أنه عاش ٩٠ سنة ومات فى سنة ٥٤٦ هجرية. وكان من تلامذة الخيام، فالحكيم على بن محمد الحجازى القلبى من مواليد ٤٥٦ هجرية. فلو افترضنا أن الفرق بين الأستاذ والتلميذ هو فرق الجيل أو أقل منه قليلاً انتهينا إلى أن الخيام يكبر الحكيم على بن محمد الحجازى القلبى بست عشرة سنة.

ثم قابل رشدى راشد ما سبق بما رواه العروضى السمرقندى عن الخيام ووفاته. ومن المعروف أن ابن سينا قد توفى سنة ١٠٣٧ ميلادية فميلاد الخيام قبل هذا التاريخ. فإذا قبلنا ما قاله العروضى السمرقندى يكون الخيام قد جاوز المائة. ولقد ذكر الخيام أبا على ابن الهيثم مرات فى كتبه مترجمًا عليه كل مرة، مما يدل على أنه يعرف بوفاته التى ترجع لسنة ١٠٤٠ ميلادية. إن الخيام كان تلميذًا لبهمنيار، لا للشيخ الرئيس، ومن ثم يفصله جيل عن ابن سينا.

و كلما بعد الراوى عن أواسط القرن الخامس ازداد الطابع الأسطورى للرواية، فرواية شمس الدين الشهرزورى الذى كتب بين سنة ٥٨٦ وسنة ٦١١ هجرية، "فى نزهة الأرواح وروضة الأفراح"، لا تضيف إلى البيهقى إلا بعض أبيات من شعر الخيام. أما ابن الأثير فقد كتب يقول فى كتابه "كامل التواريخ" (سنة ٦٢٨ هجرية على وجه التقريب)، فى كلامه عن حوادث سنة ٤٦٧ هجرية إنه اجتمع جماعة من أعيان المنجمين فى عمل الرصد منهم عمر بن إبراهيم وأبو المظفر الأسفزارى وميمون بن النجيب الواسطى وغيرهم، وتربح وبقى الرصد دائرًا إلى أن مات السلطان ملكشاه سنة ٤٨٥ فبطل بعد موته. وكان الخيام بين من جمعهم نظام الملك وملكشاه، وكان عمره حينئذ ٢٧ سنة تقريبًا.

من جهة أخري، أورد القفطى أن الخيام قد قدح فى دينه –" ولما قدح أهل زمانه فى دينه، وأظهروا ما أسره من مكنونه، خشى على دمه، وأمسك من عنان لسانه وقلمه، وحج متاقاة لا تقية وأبدى أسرارا من السرار غير نقية، ولما حصل ببغداد، سعى إليه أهل طريقته فى العلم القديم، فسد دونهم الباب سد النادم لا سد النديم، ورجع من حجه إلى بلده يروح إلى محل العبادة ويغدو ويكتم أسراره " .–، ولكى ينقذ نفسه لم يبق له إلا النفاق. وبعض شعر الخيام فى رباعياته يحث على قبول هذه الصورة التى صورها القفطى أو نقلها، وإن لم يكن هناك ما يدل على هذا من أقوال معاصرى الخيام، كالبيهقى والعروضي. فالبيهقى الذى لم يتردد عن ذكر الخيام بسوء ، لا يشير إلى ما زعمه القفطي.



إن الخيام – من الجهة الفلسفية– كان قريبًا من ابن سينا ، ولم يكن من أصحاب الجمود الفكري. ولعل غموض هذا الموقف للشاعر الفيلسوف هو الذى أثار أغرب ما روى عن الخيام. لا نعرف عن حياة الخيام من الخبر اليقين إلا القليل النزر. وهو ما رواه البيهقى والعروضى السمرقندي، ألا وهو أنه ولد سنة ١٠٤٨ ميلادية فى نيسابور على وجه التقريب، وتوفى بها سنة ١١٣١ على أغلب الاحتمال ، وتزوج وسافر إلى بلخ وأصفهان وعمل فى الرصد لنظام الملك ولملكشاه، وقد قيل إنه ببغداد دون أى دليل.

٧-٢- مشروع الخيام العلمي

ينسب إلى الخيام مؤلفات رياضية وفلكية وطبيعية عدة، فضلا عن رباعياته المشهورة، التى ترجمت إلى عديد من اللغات . وهو كأهل عصره قد كتب معظم مؤلفاته العلمية والفلسفية فى اللغة العربية، أما "رباعياته"، فلقد دونها فى اللغة الفارسية–لغته الأم. واقتصر رشدى راشد على إشارة عابرة إلى مؤلفاته ليحلل مصنفاته الجبرية وحدها بالتفصيل.

و مؤلفاته هى : "رسالة فى الكون والتكليف"؛ "تتمة" "رسالة فى الكون والتكليف"؛ "الرسالة الأولى فى الوجود" أو "الضياء العقلى فى موضوع العلم الكلي"؛ "رسالة فى الوجود"؛ رسالة فى اللغة الفارسية فى موضوع "كلية الوجود"؛ "الزيج الملكشاهي"؛ "كتاب فى صنعة ميزان الحكمة"؛ "نورور نامة". أما عن مؤلفاته الرياضية، فمنها :

٧-٢-١- كتاب مفقود يذكره فى مقالته "فى الجبر والمقابلة" يعرض فيه لاستخراج الجذر النونى والبرهان عليه ؛

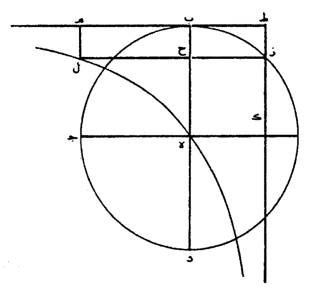
٧-٢-٢- رسالة فى شرح ما أشكل من مصادرات إقليدس؛

٧-٢-٣- رسالة فى قسمة ربع الدائرة.

أراد الخيام أن يقسم فى هذه الرسالة ربع دائرة ا ب من دائرة ا ب جـ د بقسمين على نقطة مثل ز ونخرج عمود ز ح على قطر ب د فيكون نسبة ا هـ إلى ز ح كنسبة هـ ح إلى ح ب وهـ مركز الدائرة وا هـ نصف القطر ؛ يؤدى التحليل إلى أمر معلوم، ثم ركب على تلك الصفة فأعاد دائرة ا ب جـ د ومركزها هـ، وأخرج ا جـ ب د يتقطعان على زوايا قائمة ، وخرج عمود ز ح يكون نسبة ا هـ إليه كنسبة هـ ح إلـى ح ب ، وأخرج عمودى ك ز ط ، ط ب م وتمم سطح ط ل بعد أن جعل خط ب م مثل ا هـ :

فلأن نسبة ا هـ إلى ز ح كنسبة هـ ح إلى ح ب، وب م مثل ا هـ ، يكون نسبة ب م إلى ز ح كنسبة هـ ح إلى ح ب وضرب ب م فى ح ب مساويًا لضرب ز ح فى هـ ح كما بينه إقليدس فى كتابه فى "الأصول"، وضرب ب م فى ح ب مثل سطح ب ل، وضرب ز ح فى هـ ح مثل سطح ح ك، فيكون سطح ب ل مساويًا لسطح ح ك ، ونجعل سطح ح ط مشتركًا ، فيكون سطح ط هـ مساويًا لسطح ط ل. فإن عملنا قطعًا زائدًا لا يلقاه خطا ك ط ط م ويمر على نقطة هـ كما بينه أبولونيوس فى المقالة الأولى من كتابه فى "المخروطات"، والشكل ووهـ من المقالة الثانية من كتاب أبولونيوس فى "المخروطات" - إذ هذا العمل يتم بهذه الأشكال الثلاثة - فإن ذلك القطع الزائد يمر على نقطة ل لا محالة، كما يتبين من عكس الشكل الثامن من المقالة الثانية من كتاب أبولونيوس فى "المخروطات".

ونقطة هـ معلومة الوضع ، وخط ب م معلوم الوضع والقدر، إلا أن نقطة ل عند التركيب غير معلومة الوضع، لأنها لو كانت معلومة الوضع لكانت نقطة ح معلومة الوضع ، لأن خط ح ل معلوم القدر ، فيكون خط ب ح معلوم القدر، ولكان الشكل معلومًا. وكذلك خط ط ك غير معلوم الوضع لأنه لو كان معلوم الوضع لكانت نقطة ط معلومة الوضع ولو كانت نقطة ط معلومة الوضع لكان خط ط ب معلوم القدر ، ولو كان خط ط ب معلوم القدر لكان الشكل معلومًا، وليس كذلك ، إذ المقصود علم الشكل. فلو كانت نقطة ل معلومة الوضع ، أو خط ط ك معلوم الوضع ، لكان بالإمكان أن يعمل الشكل وينال المقصود عند التركيب. وليست المعرفة بواحدة منها معرفة يسيرة.



٧-٣- البحث فى الجبر

حقق ف . ويبكه نص مقالة الخيام ونشر تحقيقه مع ترجمة فرنسية سنة ١٨٥١ بباريس تحت العنوان الفرنسى : *L'Algèbre d'Omar*

Al-kkayyam (١٢٧صفحة) ثم ترجم بعد ذلك بثمانين سنة داود قــصير(؟) *Kasir* النص العربى – النص نفسه الذى سبق أن نشره ويبكه من قبله– إلى اللغة الإنجليزية. وتستند ترجمة داود قصير (؟) *Kasir* الإنجليزية إلى ترجمة ف . ويبكه الفرنسية أكثر من اعتمادها النص العربى الأصلي. ثم جاءت ترجمة إنجليزية أخرى قام بها الأستاذان ونتر وعرفات. وهذه الترجمة مستقلة عن الأخرى فلقد استعان المترجمان بمخطوطة المكتب الهندى من ناحية، وحاولا الالتزام بالنص من ناحية أخرى. ثم قام بعد هذا الأستاذ غلام حسين مصاحب بنشر تحقيق ويبكه مع ترجمة فارسية له. وأخيرًا نقل إلى الروسية روزنفلد ويشكفتش تحقيق فبكه لرسالة الخيام وتعليقاته المختلفة .

الهوامش

١) السموأل ، "الباهر فى الجبر"، تعليقات وتقديم ونشر صلاح أحمد ورشدى راشد، سلسلة الكتب العلمية؛ ١٠، دمشق، جامعة دمشق، ١٩٧٣ ؛ أنظر فيما يتعلق بالتحقيق بوجه عام : التراث الفكرى وتراث النص، مخطوطات العلم العربي، تحقيق مخطوطات العلوم فى التراث الإسلامي، أعمال المؤتمر الرابع لمؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، ٢٩-٣٠ نوفمبر ١٩٩٨، لندن، ١٩٩٨، ص ٢٩-٧٦؛ النسخة الإنجليزية : التراث الفكرى ونصوص التراث، المخطوطات العربية فى العلم، ي.ابش (تحرير)، نشر المخطوطات الإسلامية فى العلم، أعمال المؤتمر الرابع لمؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٩-٣٠ نوفمبر ١٩٩٧، لندن، الفرقان، ١٩٩٩، ص ١٥-٥١ .

٢) رشدى راشد، شرف الدين الطوسي، المؤلفات الرياضية، الجبر والهندسة فى القرن الثاني، المجلد١، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، نصوص ودراسات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٦ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية وصدرت عن مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان، ١٩٩٨ . فى اللغة الفرنسية؛ شرف الدين الطوسي، المؤلفات الرياضية، الجبر والهندسة فى القرن الثاني، المجلد٢، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، نصوص ودراسات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٦ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية فى بيروت عام ١٩٩٨ . فى اللغة الفرنسية؛ مسألة شرف الدين الطوسى الحسابية-الهندسية، مجلة تاريخ العلوم العربية، ٢٠٢، ١٩٧٨، ص ٢٣٣-٢٥٤ . فى اللغة الفرنسية.

٣) رشدى راشد، فن الجبر عند ديوفنطس، القاهرة، دار الكتب، ١٩٧٥ ؛ ديوفنطس : علوم العدد، الكتاب ٤، المجلد ٣، سلسلة جامعات فرنسا، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤ . فى اللغة الفرنسية؛ ديوفنطس : علوم العدد، الكتب ٥ و٦ و٧، المجلد ٤، سلسلة جامعات فرنسا، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤ . فى اللغة الفرنسية؛ ديوفنطس الاسكندراني، "صناعة الجبر"، ترجمة قسطا بن لوقا، تحقيق وتقديم رشدى راشد، التراث العلمي؛ ١ ، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٥ ؛ الأعمال المفقودة لديوفنطس، ١، مجلة تاريخ العلوم، ٢؛٢٧، ١٩٧٤، ص ٩٧-١٢٢ (فى اللغة الفرنسية)؛ الأعمال المفقودة لديوفنطس، ١، مجلة تاريخ العلوم، ٢؛٢٨، ١٩٧٥، ص ٣-٣٠ (فى اللغة الفرنسية)؛ "التحليل الديوفنطسى فى القرن العاشر، مثال الخازن"، مجلة تاريخ العلوم، ٣٢، ١٩٧٩، ص ١٩٣-٢٢٢ ؛ "تعليقات حول تاريخ التحليل الديوفنطسي"، مؤتمر الجبر والهندسة، الكويت، ١٩٨١، ص ١٠٢-١٠٣ .

٤) رشدى راشد، ترجمة د. شكر الله الشالوحى ومراجعة د. عبد الكريم العلاف، علم الهندسة والمناظر فى القرن الرابع الهجرى (ابن سهل-القوهي-ابن الهيثم)، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (٣)، مركز دراسات الوحدة العربية، ط١، بيروت-لبنان، ١٩٩٦، ص ٥٣-٩٣

٥) رشدى راشد، ترجمة د. شكر الله الشالوحى ومراجعة د. عبد الكريم العلاف، علم الهندسة والمناظر فى القرن الرابع الهجرى (ابن سهل-القوهي-ابن الهيثم)، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (٣)، مركز دراسات الوحدة العربية، ط١، بيروت-لبنان، ١٩٩٦، ص ١٧-٥٢ وص ٩٣-١٧٣ .

٦) رشدى راشد، ترجمة د. شكر الله الشالوحى ومراجعة د. عبد الكريم العلاف، علم الهندسة والمناظر فى القرن الرابع الهجرى (ابن سهل-القوهي-ابن الهيثم)، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب (٣)، مركز دراسات الوحدة العربية، ط١، بيروت-لبنان، ١٩٩٦، ص ١٢٦-١٥٢ .

٧) "الإنتاج الجبرى للخيام" (تحقيق مشترك مع أحمد جبار)، حلب، مطبوعات جامعة حلب، ١٩٨١، ٣٣٦؛ الخيام رياضيا، بالاشتراك مع ب. فهابزاده، باريس، مكتبة بلونشار، ١٩٩٩ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة الإنجليزية تحت العنوان نفسه : الخيام رياضيا، نيويورك، ٢٠٠٠، من دون إعادة طبع المخطوطات العربية المطبوعة فى النسخة الفرنسية الأصلية.

الباب الثالث

فلسفة الرياضيات فى العربية

**"إن عالم الرياضيات الجيد هو نصف فيلسوف، على الأقل،
والفيلسوف الجيد هو نصف عالم رياضيات، على الأقل."**

فريدريش لودفيج جوتلوب فريجه
(١٨٤٨-١٩٢٥)

الفصل الأول

فلسفة الرياضيين

"إن مؤرخ الفلسفة العربية فى العصر الوسيط قد اخطأ، فى تقديرى، بتجاهله فلسفة الرياضيات العربية"

رشدى راشد

أولا: إبراهيم ابن سنان ابن ثابت ابن قرة (بغداد ٢٩٦هـ / ٩٠٩م-بغداد ٣٣٥ هـ / ٩٤٦ م)

أول كتابة فى العربية، كاملة، ومتكاملة فى المنطق الفلسفي

حقق رشدى راشد بحوث إبراهيم ابن سنان فى المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي[١]. وترجمها إلى اللغة الفرنسية وشرحها. وقد بينا فى الباب الأول، من هذا الكتاب، برهان رشدى راشد أن الطريق، فى تاريخ الرياضيات، إلى الكشف العلمى ليست طريقا مباشرة ولا طريقا قصيرة. استخدم فى بحثه نتائج خبرته المباشرة بالمخطوطات العربية القديمة من طريق التحقيق كما يستخدم التفكير الرياضى والتاريخى والفلسفى المنظم. لكن عندما بحثنا عن الشروط العربية لتقدم العلوم بعامة، فى الباب الثاني، توصلنا فى هذا الباب الثالث من الكتاب، إلى طرح مسألة المعرفة العلمية العربية بلغة فلسفة الرياضيات الكلاسيكية.

وكان رشدى **راشد قد رسم، كما** بينا فى الباب الأول من هذا الكتاب، خطة للبحث، توافرت فيه عناصر الطريقة الحديثة **وتوافرت فيه شرائطه**. وقد عرضنا فى الباب الثانى من هذا الكتاب تأريخ رشدى راشد، فى حقل العلوم وفلسفتها فى الفترة الكلاسيكية من مدرسة الإسكندرية إلى منتصف القرن السابع عشر الميلادي. وقد أدت هذه البحوث وتلك الدراسات إلى تغيير مجموعة من التصورات الشائعة حول تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها. وعرضنا فى الفصل الثانى من الباب الثانى من هذا الكتاب لكشف رشدى راشد عن حقول علمية جديدة تمام الجدة وخاصة فى المجالات المجهولة من تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها.

أما الوجهة الفلسفية فهى محور هذا الباب. إن الفلسفة كما صاغها الرياضيون فى اللغة العربية، هى محور الفصل الأول من هذا الباب، ثم نتناول الرياضيات كما صاغها الفلاسفة الخلَّص فى اللغة العربية، فى الفصل الثانى من هذا الباب. يحاول هذا الباب أن يجيب على المسائل التالية: هل استقى فلاسفة الإسلام فى الفترة

الكلاسيكية من البحث الرياضى العربى المتقدم بين القرن التاسع الميلادى والقرن السادس عشر الميلادي، مدارات معينة للتفكير الفلسفى النظرى الخالص؟ هل حاول فلاسفة الإسلام الكلاسيكى اقتباس نماذج التفكير الرياضى العربى المتقدم فى ذلك الوقت من تاريخ الحضارة الإسلامية الكلاسيكية، لصياغة أنساقهم الفلسفية ونظمهم الميتافيزيقية؟ هل انغلق فلاسفة الإسلام الكلاسيكى على ما سماه المؤرخون باسم "الفلسفة"، أى هل انغلق فلاسفة الإسلام الكلاسيكى على ما سماه المؤرخون بنظرية الوجود والنفس التى انفصلت عن المعارف واستقلت عن التحديدات، عدا محدد الدين؟ هل اقتصر فلاسفة الإسلام الكلاسيكى على ما سماه المؤرخون باسم تراث العصر القديم المتأخر الدينى الإسلامى الكلاسيكي؟ هل بالإمكان تصور أن فلاسفة الإسلام الكلاسيكى لم يبالوا بالتقدم النوعى للعلوم الرياضية والنتائج الرياضية المختلفة فى الإسلام الكلاسيكي، وفى اللغة العربية –الجبر، الهندسة الجبرية، التحليل الديوفنطي، نظرية المتوازيات، مناهج الإسقاطات ؟ هل بالإمكان تصور أن فلاسفة الإسلام الكلاسيكى لم يبالوا بالتقدم النوعي، لمسائل معرفية صدرت عن معقولات رياضية مختلفة فى الإسلام الكلاسيكي، وعن أحداث معرفية *EPISTEMIQUES* نوعية فى *MATHESIS* اللغة العربية–مثل قبول الرياضيات التطبيقية، وتطبيق الرياضيات فى الفيزياء (ابن الهيثم)، وعلم الهندسة الغير الكمية، تمثيلاً لا حصراً ؟ هل غاب ذلك عن فلاسفة الإسلام الكلاسيكى ؟ كان بعض فلاسفة الإسلام الكلاسيكى رياضيين، وكان البعض الآخر على دراية دقيقة بتاريخ الرياضيات. فكيف يغيب عنهم ذلك؟ ليس هناك ضرورة مطلقة لكى تتوافق فلسفة معينة مع علم معين. وليس هناك من ضرورة تامة تلزم الفيلسوف بدور محدد فى تاريخ الرياضيات وتاريخ العلوم. ليس هناك ضرورة مطلقة تحدد، قَبْلياً، العلاقة بين الرياضيات والفلسفة النظرية. من هنا التساؤل المزدوج حول الفلسفة الرياضية والرياضيات الفلسفية لدى الفلاسفة والرياضيين على السواء، لدراسة العلاقة البَعْدية بين الرياضيات والفلسفة النظرية، فى الفترة الكلاسيكية، من تطور الحضارة الإسلامية.

قل عدد الباحثين فى المسائل التى تتعلق بتاريخ العلاقة البَعْدية بين الرياضيات والفلسفة النظرية فى الفترة الكلاسيكية من تطور الحضارة الإسلامية. وذلك بسبب موضوعى هو تخفى الفلسفة الرياضية بين عناصر الرياضيات فى الأعمال الرياضية نفسها وبسبب تفرقها فى هذه الأعمال. وبينما اعتاد المؤرخ العرض للأنساق الميتافيزيقية الكبرى، كشف رشدى راشد عن أقنعة الفلسفة الرياضية العربية، وتناثرها، على حدود المتن الرياضى نفسه. مع ذلك، فهناك بعض الأعمال المؤلفة فى متون مستقلة بذاتها، كما سأبين فى هذا الباب، على سبيل المثال، فى مشروع "التحليل والتركيب"، حيث أعاد الرياضيون فى اللغة العربية صياغة الرياضيات اليونانية القديمة كلها فى لغة الرياضيات الحديثة.

كذلك بدا هذا النشاط الفلسفى أحيانا وكأنه حل فلسفي للمسائل الرياضية الغير المطروحة فى الرياضيات فى ذلك الوقت. وقد بين رشدى راشد أن فلسفة السجزي، تمثيلا لا حصراً، قد حلت محل تصورات التحليل الرياضى الذى لم يظهر إلا بعد ذلك بوقت طويل.

فى هذا الباب الثالث عن فلسفة الرياضيات العربية، إذن، أبين بالتحليل والنقد، رؤية رشدى راشد الفلسفية إلى الرياضيات والنظر الرياضى للفلسفة فى آن واحد. فهو باب يعرض للتاريخ الفكرى للأفكار الرياضية العربية، وبوجه خاص طرق البرهان فى الرياضيات، وأساس المعرفة التركيبية والتحليلية، ومسألة تصنيف المسائل الرياضية. وذلك لتعيين لطبيعة المعرفة الرياضية ومنزلتها فى اليقين الممكن للإنسان العربى وحدود العقل العربى فى البحث عن الحقيقة. نظر رشدى راشد إلى العلم كعلم لا كظاهرة ثقافية عامة، ودرس تطوره فى الحضارة العربية. ولا يزال مجال البحث فى هذا الميدان مفتوحا تماما.

إن البحث التاريخى فى الرياضيات، عند رشدى راشد، كما سبق أن أشرنا، هو جزء من آلية إنتاج المعرفة العلمية نفسها من دون النظر الضرورى إلى مسلمات إنتاج العلم واستعماله. وهو يقف على الوقائع العلمية بالذات بالنصوص والمخطوطات والوثائق. ويكاد فى أغلب الأحيان يصرف النظر عن المسلمات التاريخية-الاجتماعية التى تربط الظاهرة العلمية بمجموعة البُنى والمؤسسات التى يتأثر بها العلم. إن التأريخ الرشدى للرياضيات هو بالضرورة تأريخ من داخل الرياضيات نفسها لا تأريخا سوسيولوجيا-اجتماعيا. لذلك فهو كمؤرخ للرياضيات يلم إلماما علميا دقيقا كالرياضي، بالأفكار والنظريات والمبرهنات الرياضية.

اجتنب السموأل بن يحيى بن عباس المغربى (متوفى حوالى سنة ٥٧٠ هـ / ١١٧٥ م) وأغلب رياضيى القرن الثانى عشر الميلادي، كما اجتنب رشدى راشد، الخوض فى مسائل الوجود النظرية. تلك هى المفارقة. سبق أن أشرنا، فى الفصل الأول من الباب الأول من هذا الكتاب، إلى قيام استراتيجية رشدى راشد فى التأريخ للعلوم العربية على نقد المخطوطات القديمة من دون مسلمات حول الوجود الإنسانى بوجه عام. وكان قد سعى السموأل إلى بناء متتالية من الأعداد النسبية تتقارب مع عدد جبرى حقيقى مُعطى. بحث السموأل عنها للتأسيس لجميع التقريبات من خلال الإعادة، واعتمد طريقة تكرارية. السموأل رياضى أقام بديار بكر وأذربيجان وله رسائل فى الجبر والمقابلة يرّد فيها على ابن الخشاب النحوي. وذلك أن ابن الخشاب كان معاصره وكان لابن الخشاب مشاركة فى الحساب ونظر فى الجبر والمقابلة. وأحيا رشدى راشد آثار الخيام، أى أول من صاغ نظرية هندسية للمعادلات الجبرية وأسهم بصورة معينة فى إبداع الهندسة التحليلية بالمعنى الذى ورد فى كتاب ديكارت عن "الهندسة" فى القرن السابع عشر الميلادي.

كانت الرياضيات فى القرن السابع عشر الميلادي، عند رنيه ديكارت، قد قامت على الميتافيزيقا. وتتبع الرياضيات الميتافيزيقا من دون قطيعة. مع ذلك فهما ليسا مخلوطين. فكل منهما مقتضاياته الخاصة. ومع أن الرياضيات لها موضوعا خاصا بها فإنها تتبع الميتافيزيقا. الرياضيات هى جزء من الفلسفة الحقيقية كما عبّر ديكارت. تهدف الرياضيات إلى صياغة المبادئ الحقيقية للأشياء غير المادية. فهى فرع من فروع شجرة الفلسفة التى تطلع من جذع الفيزياء. والمبادئ الحقيقية للأشياء غير المادية هى التصورات والقضايا العامة التى تبين معقولية الظواهر غير الطبيعية. وهى فطرية، بذور الحقيقة، قضايا بسيطة حرة من الصورة الجسدية بعامة. إنها طبائع أو طبيعات بسيطة معروفة بذاتها ولا تحتوى أبدا على شيء خاطئ ولا يمكن أن تكون موضوع بحث. فهذه المبادئ الحقيقية تحمل بعدا وجوديا لأنها تقدر أن تتصل بالأشياء جميعا.

١-١- نظرية البرهان عند إبراهيم ابن سنان

لم يذكر ابن الهيثم من أسلافه سوى من طوروا بحوثهم. ومن بين المحدثين النادرين الذين يذكرهم ابن الهيثم، فى هذا السياق، هم : ابن سنان، والقوهي، وابن سهل. وتقع أعمال القوهي، حسب رشدى راشد، فى سياق الكشف عن طريقة التحويلات فى الهندسة فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادي، وفى سياق دراسة مجموعتين من المسائل :

المجموعة الرياضية الخالصة. وتنتمى إلى المدرسة الأرشميديسية والأبولونية العربية. وهى تضم مسائل ظهرت فى أثناء دراسة المخروطات، ومساحات بعض القطوع الناقصة والمكافئة، ورسم بعض المنحنيات؛

المجموعة التطبيقية الهندسية لحل المسائل الرياضية الفلكية، ولاسيما مسألة تمثيل الكرة الدقيق، بغية إنشاء اسطرلاباتهم. وهذه المسائل قديمة جدًا. فبطلميوس قد لجأ إلى الإسقاط التسطيحي. غير أن رشدى راشد سجل التقدم الفريد الذى أحرزه القرن التاسع الميلادي، فى إنشاء الاسطرلابات واستخدامها. أثار الطلب المتزايد مضاعفة الأبحاث حول الإسقاطات بغرض إنشاء الاسطرلابات. وانكبّ الرياضيون أمثال الكندى وبنوموسى والخازن وإبراهيم بن سنان والسجزى وغيرهم، على دراسة الرسم الهندسى للأشكال على الاسطرلاب، وعلى طريقة الإسقاطات. وانكبّ الرياضيون الفلكيون أمثال ما شاء الله والمرورذى والفرغانى وحبش والصوفى وغيرهم. وهكذا أطلق الرياضيون والرياضيون-الفلكيون الجدل حول فضائل الاسطرلابات المختلفة ومزايا مختلف الإسقاطات. ويروى الفرغانى وكتاب آخرون أنه فى عهد الخليفة المأمون اخترع الكندى – أو المــرورذى – إسقاطًا أسمـــاه المبطّـــخ – أى بشكـــل فاكهـــة "الشمّام" – وهـــو ما سمى باسم إسقاط

لامبر (*Lambert*) وكانيولى (*Cagnoli*) فيما بعد. وانتقد بنى موسى هذا النوع من الإسقاط كوسيلة لإنشاء الاسطرلاب. كما قدم الفرغانى نفسه، فى تلك الحقبة، أول عرض نظرى فى التاريخ، عن الإسقاط التسطيحي.

وكان أساس تحقيق رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل هو بحثه فى مدى تأثير كتاب المناظر لبطلميوس (المقالة الخامسة حول انكسار الضوء) فى علم المناظر عند العرب. أما الأساس الثانى فقد قصد رشدى راشد إلى قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس فى البحث فى الرياضيات فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادي.

أما ابن الهيثم فوضع كتابه عن "خطوط المواقيت" فى موضع قريب من كتاب ابن سنان عن "أدوات الإظلال" وضده فى آن معا. ويقارب ابن الهيثم -كما سنوضح ذلك فى ما يلي- مسألة التحليل والتركيب التى سبق أن تناولها ابن سنان. فقد سيطرت مسألة التحليل والتركيب على الفلسفة الرياضية نحو ألفيتين على أقل تقدير. سيطرت مسألة التحليل والتركيب على الفلسفة الرياضية عند أفلاطون، وأرسطو، وجالىنوس، وبابوس، وبرقليس، واقليدس المنحول، وأرشميدس، وأبولونيوس، وديوفنطس، والسموأل، والكندي، وإبراهيم ابن سنان، وابن الهيثم.

تجاوز ابن الهيثم **إبراهيم ابن سنان. لكنهما من أندر الرياضيين الذين** بحثوا فى التحليل والتركيب قبل منتصف القرن السابع عشر **الميلادي. وأما إبراهيم** ابن سنان **فقد** بحث المسألة فى بحثه عن "طريقة التحليل والتركيب فى المسائل **الهندسية"**[٢]. **وأما ابن الهيثم فقد بحث المسألة فى** بحثه عن "التحليل والتركيب". وقد حقق رشدى راشد **هذين البحثين وترجمهما وشرحهما ودرسهما من الجهة** التاريخية والرياضية والفلسفية.

ومثل هذان البحثان تحولاً عن البحوث اليونانية السابقة فى الميدان نفسه. سيطرت مسألة التحليل والتركيب، كما أسلفنا، على الفلسفة الرياضية عند أفلاطون وآرسطووجالينوس، وبابوس، وبرقليس، واقليدس المنحول، وأرشميدس، وأبولونيوس، وديوفنطس. لكن الفلاسفة **وعلماء الرياضيات والأطباء اليونانيين** منذ القرن الرابع الميلادى اختصروا المسألة ولم يخلفوا لنا سوى **الشذرات المتناثرة هنا وهناك**. ترك اقليدس المنحول بعض السطور، وبابوس شذرة مختصرة، وابرقلس **شذرة مختصرة أخرى**. وكان أرشميدس، وأبولونيوس، وديوفنطس، تمثيلا لا حصراً، على علم باللفظين **-التحليل، التركيب- لكن أحداً منهم لم يقف** عليهما. فهناك فرق بين تطبيق الإجراء وعرض الأفكار التى تمثل **مداراً فى ضوء منهج أوفى** ميدان. ففى حال تطبيق الإجراء، اقتصر أرشميدس، تمثيلا لا حصراً، على **تسمية خطوات الإجراء. وفى حال عرض** الأفكار التى تمثل مداراً فى ضوء منهج أوفى ميدان معين من ميادين الرياضيات، يشرح العالم الإجراء، ثم يشير إلى صيغة الاستعمال، ثم يحدد إمكانيات التطبيق، كما بحث بابوس وابرقلس، تمثيلا لا حصراً. ويصرح

رشدى راشد بجهله بوجود ترجمة عربية من شذرات بابوس وابرقلس. والنص الوحيد الذى بين يدى الباحث هو نص من كتاب "الصناعة الصغيرة" لجالينوس فى التحليل والتركيب. حقق رشدى راشد "كتاب أبى الحسن ثابت بن قرة إلى ابن وهب فى التأتى لاستخراج عمل المسائل الهندسية"[٣]. ومع أن ابن قرة لا يذكر لفظى التحليل والتركيب، فإنه درس محتواهما. مر لفظا التحليل والتركيب مر الكرام فى كتاب الفارابى عن "إحصاء العلوم"، لكنه يعرض للتحليل والتركيب فى "كتاب الموسيقى الكبير". من هنا انتشر البحث فى التحليل والتركيب فى القرن العاشر الميلادي. وتجدد التحليل والتركيب. بحث ابن سنان، وابن سهل، كما أسلفنا، فى التحليل والتركيب. وبحث فيهما السجزي، فى "كتاب فى تسهيل السبل لاستخراج الأشكال الهندسية."[٤] وبعد رحيل ابن سنان بقرن تقريبا، ظل ابن سنان مؤثرا فى ميدان البحث الهندسى المتقدم فى ذلك العصر. وكلام ابن الهيثم عن ابن سنان يمثل شهادة رئيسية وتاريخية حول أهمية بحث ابن سنان الرياضى وإبداعاته.

ومثل إسهام ابن سنان (بغداد ٢٩٦هـ / ٩٠٩م-بغداد ٣٣٥ هـ / ٩٤٦ م) أحد مهندسى القرن العاشر الميلادي، فى التحليل والتركيب، إسهاما رئيسيا. ويشهد بن سنان نفسه على ذلك العصر الذى أعاد اكتشاف التحليل والتركيب، أى أنه شهد على الثلث الأول من القرن العاشر الميلادي. فقد استعاد الرياضيون، فى ذلك الوقت، محور التحليل والتركيب، واستعادوا بنحو خاص مسألة الجواب على سؤال : هل يخالف التركيب التحليل؟

وجاء جواب بن سنان على هذا السؤال فى سياق البحث الرياضى المتعدد. ففى مجال الرياضيات التحليلية، أفاد ابن سنان من ثابت ابن قرة. وفى أفق بحث الحسن ابن موسى، بحث ثابت ابن قرة عن التحويلات الهندسية. وصارت التحويلات الهندسية أداة متميزة فى البحث الهندسي. وتطورت المسائل المنطقية والنسقية كما تطور الجبر من خلال اختزال عدد المقدمات، وتحديد عدد البناءات الوسيطة لكى يستقيم الاختلاف بين التركيب والتحليل. وكما فى تقسيم الفارابى للعلوم الرياضية إلى علوم عملية، وإلى علوم نظرية، صارت الرياضيات، عند ابن سنان، علما تطبيقياً. وصارت "العلوم الفرعية" علوما حقيقية. ومع إنه فكر متأثراً بعلمى أرشميدس وأبولونيوس، فقد تجاوز ذلك الإطار إلى إطار غير يوناني، أى فى إطار الجبر، والتحليل الديوفنطى الصحيح، والنظرية الجبرية للمعادلات التكعيبية، من جهة، وفى إطار الفلك والمناظر والاستاتيكا، وتجديد الهندسة الهلنستية، من جهة أخرى : الهندسة التحليلية، الهندسة الكرية، وغيرها من العلوم، وهندسة المواضع والأشكال، ودراسة التحويلات الهندسية، وغيرها من الفصول الهندسية. لم يكن بإمكان لغة التقسيم الرباعى الموسوعى الرياضى القديم أو نظرية التناسب أن تتسع لمثل ذلك التنوع. العلوم الرياضية، عند الكندي، أربعة : الحساب، الهندسة، الموسيقي، الفلك. اشتهرت هذه المجموعة الرباعية فى العصر الوسيط فى أوروبا. والتزم ابن سينا المجموعة الرباعية، فهو يقسم الرياضيات أربعة أقسام : الحساب، الهندسة،

الموسيقي، الفلك. وكانت المجموعة الرباعية متداولة فى مدرسة الإسكندرية التى عنيت بالغ العناية بالرياضيات والتى نبغ فيها أقليدس صاحب الهندسة وبطلميوس صاحب المجسطي. وهذا الترتيب هو الترتيب المأثور عن مدرسة الإسكندرية، وهو الترتيب الذى بقى حتى العصر الوسيط فى أوروبا اللاتينية، ما استقر الترتيب فى العصور المتأخرة فى اللغة العربية فى قول: الحساب، الموسيقي، الهندسة، الفلك. وبالتالى اتجه الرياضيون إلى أنواع أخرى من البرهان، كالنوع الجبرى فى البرهان، تمثيلا لا حصرا. من هنا تخيل الفارابى تصورا مغايرا وجوديا للموضوع الرياضي، وتصور كذلك تصورا مغايرا للتقسيم الرباعى والتقليدى للرياضيات والعلوم بعامة. لكن كان لا بد للرياضيين أنفسهم من إعادة النظر وتأسيس العلوم الجديدة ووحدة الرياضيات. ونحو أواخر القرن التاسع الميلادى وأوائل القرن العاشر الميلادي، كانت الرياضيات والهندسة تشير إلى مجموعة من العلوم المتنوعة التى عادت لا تدخل فى الإطار الرباعى القديم. لذلك لم يلتزم الخوارزمى فى تصنيفه القسمة الرباعية، ولا كذلك الفارابى الذى جعل العلوم الرياضية سبعة، مضيفا علم المناظر والأثقال والحيل. كذلك لم يلتزم الكندى فى ترتيبه للعلوم الرياضية تصنيفا واحدا. فهى تارة علم العدد والتأليف والهندسة والتنجيم، وتارة أخرى، العدد والهندسة والفلك والموسيقي. وأقام بن سنان وحدة الرياضيات على علم التحليل والتركيب، وهو التقليد الذى أرساه طوال القرن العاشر الميلادى وحتى السموأل المغربى الجبرى فى القرن الثانى عشر الميلادي.

من هنا فقد أسس ابن سنان لتقليد ظل قائماً على مدار القرن العاشر الميلادى وحتى عالم الجبر السموأل بن يحيى بن عباس المغربى (متوفى حوالى سنة ٥٧٠ هـ / ١١٧٥ م) فى القرن الثانى عشر الميلادي. وقد مثل كتاب "الباهر" للسموأل الذى حققه رشدى راشد وصلاح أحمد أهمية أساسية فى تاريخ الرياضيات وفلسفتها. فهو يشهد على حال الجبر فى القرن الثانى عشر الميلادى ويؤسس لدراسة بداية جديدة للجبر فى القرن الحادى عشر الميلادي، ويصحح بعض التصورات السائدة فى مختلف تواريخ الرياضيات. كذلك أقام ابن الهيثم مشروعه حول التحليل والتركيب على أساس من مرجعية ابن سنان. أشتمل الكتاب الأول من كتاب "الأصول" لأقليدس على معان عدة من المعلومات هى من أدوات التحليل، وأكثر التحليل قائم على تلك المعاني، إلا أنه قد بقيت معان أخرى من المعلومات الضرورية فى التحليل ويفتقر أليها فى جزئيات عدة مستنبطة بالتحليل لم يتضمنها كتاب أقليدس ولا كشف ابن الهيثم عنها فى شيء من كتاب بابوس الاسكندرانى "المجموع الرياضي" وكتيب جالينوس المختصر وكتاب برقلس "الشروح على الكتاب الأول من "أصول" اقليدس" وغيرها من الأعمال اليونانية القديمة التى تناولت مشكلة التحليل والتركيب. وبين ابن الهيثم فى كتاب أقليدس، "الأصول"، ما يستعمله من المعلومات فى أمثلة التحليل من مقالة "التحليل والتركيب" مما سبق أن ورد فى بحث ابن سنان حول التحليل والتركيب ومما لم يذكره ابن سنان. ويلخص ابن الهيثم كل واحد من المعانى

المعلومة، ثم يخصص "للأصول" مقالة مفردة ومن بعد فراغه من بحثه فى "الأصول" بين فيها مائيات معانى الرياضيات المعلومة. وفى بحثه عن التحليل والتركيب، تناول ابن سنان المسائل المنطقية الأساسية، مثل مسألة ارتداد التضمين، ومسألة البناءات الوسيطة، فى الهندسة، وعلاقتهما بالارتداد، وهى مسائل سبق أن وردت عند بابوس. وبعض المسائل الأخرى لم ترد من قبل، مثل نظرية البرهان فى نفسها، كما فى حال تصنيف القضايا الرياضية، حسب مقياس مزدوج : عدد الفروض وتوافقها، وعدد الحلول، ونوع البرهان الخاص بكل طبقة على حدة. فإذا كان ابن سنان يواجه الهندسة، فى مقدمة البحث، فإنه يبحث كذلك فى الجبر والتحليل الديوفنطي. ألف الخوارزمي (٢٢٩هـ-٨٤٧م) الكتاب المختصر فى الجبر والمقابلة الذى كان جديدا من حيث الموضوع ومن جهة الأسلوب. وحقق رشدى راشد وقدم "لديوفنطس الإسكندراني، فن صناعة فن صناعة الجبر، ترجمة قسطا بن لوقا" (١٩٧٥) و" الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٤) و"الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٥) و"ديوفنطس: علوم العدد، الكتاب٤" (١٩٨٤) و" ديوفنطس: علوم العدد، الكتب ٥ و٦ و٧" (١٩٨٤) و"كتاب ديوفنطس الاسكندرانى فى علم العدد" (١٩٨١). ويتصدر تحقيق أعمال ديوفنطس الاسكندرانى مشروع رشدى راشد ويمثل إحدى علامته البارزة والأساسية.

لعب التحليل والتركيب، إذن، دوراً مهماً فى مشروع بن سنان الرياضى ومشروعه المنطقي، بنحو خاص. وتمثل مشروع بن سنان الرياضى ومشروعه المنطقي، بنحو خاص، فى بعض الملامح الرئيسة. ففى رسالة إبراهيم بن سنان بن ثابت، فى وصف المعانى التى استخرجها فى الهندسة وعلم النجوم، إشارة إلى أنه ألف فى علم النجوم *ASTRONOMIE* ثلاثة كتب. أما أولها فكتاب سماه كتاب "آلات الإظلال"(٥)، بين فيه موضوع الرخامات كلها. أما ثانيها فكتاب سماه كتاب "فى أمر الشمس وحركاته"، صحح فيه موضوع حركات الشمس بالرصد بآلة "الحلقة" *ARMILLE*. أما ثالثها فكتاب فيما كان بطلميوس القلوذى استعمله فى استخراج اختلافات زحل والمريخ والمشتري. والقلوذى هو الاسم المستعار لبطلميوس. وقد أشار المسعودى أن بعضهم افترض أنه ابن كلاوديوس، الإمبراطور الرومانى أو الثاني، كما ورد فى موسوعة الإسلام فى مادة بطلميوس. فإن إبراهيم بن سنان بن ثابت أفرد لذلك مقالة تممها فى السنة الرابعة والعشرين من عمره وبين أنه لو عدل عن ذلك الطريق إلى غيره لا ستغنى عن التساهل الذى استعمله وسلك فيه غير سبيل القياس وذكر إبراهيم بن سنان بن ثابت طريقين كان يخلو– لو استعمل أحدهما أيهما اتفق – من ذلك التكرير الذى دعته الضرورة إليه وتبين ذلك بقضايا هندسية قد برهنها وشرحها فى تلك المقالة عن بطلميوس القلوذي.

وقد كان عازما على الرصد، ودراسة موضوع "حركات الشمس" بخاصة. فقد اختلف فى موضوعها المتقدمون والمتأخرون من أصحاب الرياضيات. فلم يستقر موضوع الأصول الموضوعة لها إلى ذلك الوقت، لأن من تقدم كان يرى أن عودات الشمس فى فلك البروج تتفق مع عوداتها فى الفلك الخارج المركز، فإن

البعد الأبعد منه ثابت. ثم ظهرت له حركة فى عصر المأمون. وظهر أيضا اختلاف فى مقدار القوس التى هى بين الإنقلابين ولم يثبت الحكم أحد من المنجمين على الأصول الموجبة لهذه الحركات. وظن أن السبب فى تغير القوس التى بين الانقلابين وحركة البعد الأبعد مع طريق واضح لاح له فى دراسة حركات الشمس فى الفلك الخارج المركز على الصحة. فانتظر أن يرصد فأستشهد بالرصد على ما وقع له بالفكر أن أصول الشمس عليه فحال بينه وبين ذلك ما ذكره بديا ولم يحب أن يذهب ما أتعب فكره فيه ضائعا فلا يكون له بعده حامل. فأثبت فى مقالة مستقلة ما قام فى نفسه من ذلك وبين فيها أكثر ما أمكن بيانه، وهو كيف يرصد بحلقة نصف النهار فيوقف على حركات الشمس فى الفلك الخارج المركز بطرق شرحها هناك، وأن جميع من تقدمه لم يسلك الطريق المستقيم فى أمور الشمس، وموضع الخلل فيما عمله واحد منهم، وكيف ينبغى أن يرصد بالرصد، على صحة ما فكر فيه أو بطلانه، ووجوب غيره وتبين ذلك بأشكال هندسية، على بسيط كرة بطرق حسنه جدا. فهذا جميع ما ألفه فى موضوع النجوم.

وأما ما ألفه فى الهندسة، فأول ذلك ثلاث عشرة مقالة. منها إحدى عشرة مقالة فى "الدوائر المتماسة"، بين فيها على أى وجه تتماس الدوائر والخطوط، وتجوز على النقط. وكان غرضه فيها أن يذكر فى عدة مسائل كيف ينبغى أن يجرى التحليل والتركيب، وما الذى ينبغى أن يضاف إلى ذلك، كالتقسيم، والاشتراط، وعدد خروج المسألة وأسلوب استخراجها. فإن الإنسان لو قرأ جميع كتب المهندسين، من غير أن يستخرج المسائل بالتحليل، فهو بمنزلة من لم يعرف من الهندسة شيئا. ووجد المهندسين فى ذلك العصر قد أغفلوا طريق أبولونيوس فى التحليل والتركيب، واقتصروا على التحليل فقط واختصروه حتى أنهم صيروا التحليل إلى أن يظن أنه ليس تحليل التركيب الذى يركبونه وأقبح من هذا الخطأ الذى يعرض لهم فى التحليل حتى أن الواحد منهم يحلل غير المسألة التى سئل عنها فى بعض الأوقات.

وقد بحث فى استيفاء حقوق التحليل والتركيب والاشتراط، وسائر الأعمال فى كتاب "الدوائر المتماسة". فاتفقت أشغال لم يمكن معها أن يؤلف الكتاب تأليفا متصلاً. وربما كان يبحث فى المسألة ثم يركبها بعد التحليل بمدة طويلة من غير أن يعود فينظر فى التحليل، فألف مقالة مستقلة ذكر فيها الوجه فى استخراج المسائل الهندسية، بالتحليل والتركيب، وسائر الأعمال الواقعة فى المسائل الهندسية، وما يعرض للمهندسين ويقع عليهم من الغلط فى الطريق الذى يسلكونه فى التحليل إذا اختصروه على حسب ما جرت به عادتهم. فإن المناهج التى تستعمل فى كل مسألة ثلاثة :

١- منهج التحليل الصحيح ؛

٢- منهج المهندسين المختصر الذى يقع فيه الخطأ فى كثير من الأوقات ؛

٣- منهج "يشبه" منهج المهندسين، يختصر التحليل، ويظن أن التركيب ليس هو عكسه.

وقسم مسائل الهندسة، وبين أصنافها، وما بينها من خلاف، وكيف تعرف فى أى صنف منها تدخل مسألة ما، وسبيل أن يستعمل فى المسائل الهندسة كافة. وعمل على أن يكون هذا الكتاب مستقلاً فى هذا الفن، وأن يكون القارئ لكتابه فى "الدوائر المتماسة" يقرأه بعده، فينظر هل استوفى على نفسه فى المسائل التى عملها فى "الدوائر المتماسة" جميع ما وصف، فى هذه المقالة، أنه ينبغى أن يستعمل فى المسائل الهندسية، أم لا، فيصلح ما لعله وقع له الغلط فيه. مع ذلك يقف الباحث فيه على تصنيف المسائل وتحليلها وتركيبها والاشتراط وعدد خروج المسألة إلى غير ذلك مما كان أبولونيوس يستعمله فى كل مسألة توجد له فى قطع الخطوط على النسب.

وألف بعد ذلك مقالة أخرى تتمة ثلاث عشرة مقالة، فيها إحدى وأربعون مسألة هندسية من المسائل الصعبة فى الدوائر، والخطوط، والمثلثات، والدوائر المتماسة. سلك فيها طريق التحليل وحده من غير أن يذكر فى ذلك تركيبا إلا فى ثلاث مسائل، احتيج إلى تركيبها ولم يستعمل طريق الصواب، ولا الذى يتحرز فيه، فيشبه طريق المهندسين، ولا غلط فيه، بل جرى على عادة المهندسين من أهل عصره. سلك إذن المناهج الثلاثة :

١- الصواب فى كتاب "التحليل والتركيب"[٦]؛

٢- طريق يشاكل منهج المهندسين التى تحرز فيه، فى كتاب "الدوائر المتماسة"؛

طريق المهندسين، فى هذا الكتاب، ليدرس الباحثون الفرق بين هذه الطرق، وأولية بعضها على بعض، وليتدرج الباحث من كتاب "الدوائر المتماسة"، الذى فيه مسائل أكثرها سهل، إلى الكتاب الذى فيه رسم التحليل والتركيب وغيره ثم إلى هذه المسائل الصعبة، المختصرة التحليل ليقسمها هو، ويستوفى فيها حق التحليل بعد القسمة ويركبها ويشترط. فإن الباحث، قبل وقوفه على الأصعب المختصر، يحتاج أن يقف على الأسهل المشروح. وسمى هذه المقالة باسم "المسائل المختارة"[٧] إلا أنه لم يظهر هذه المقالة الثالثة عشرة لأشياء، منها أن فيها مسائل استخرجها غيره، وقد حكى استخراجها، ثم استخرجها واتفق أن طرقه، فى أكثرها، أقرب وأسهل، فتخوف أن يظن أن من استخرجها قبله أراد مباهاته، أو تبيين الزيادة عليه.

وألف كتابا فى "مساحة القطع المكافئ"، وكان جده، الحسن ابن موسى، قد استخرج مساحة القطع المكافئ. فعرفه بعض أهل العصر من المهندسين أن للماهانى فى ذلك عملا أوقفه عليه أسهل من عمل جدى فلم يحب أن يكون للماهانى عمل تقدم على عمل جده ولا يوجد فيهم من يزيد عليه فيما عمله وكان جده استخرج ذلك

فى عشرين شكلا، وقدم له مقدمات عددية كثيرة من جملة العشرين شكلا وتبين له أمر مساحة القطع بطريق الخلف. وقدم أيضا الماهانى مقدمات عددية لما بينه ثم برهن بطريق الخلف ما أراده فى خمسة أشكال أو ستة فيها طول فاستخرج بن سنان ذلك فى ثلاثة أشكال هندسية لم يقدم لها مقدمة عددية، وبين مساحة القطع نفسه بطريق البرهان المستقيم ولم يسلك طريق الخلف. وألف من جهة أخرى، بحثاً فى "رسم القطوع الثلاثة"(٨) وذلك أنه ليس آله تخط بها قطوع المخروط فبين كيف توجد نقط كثيرة بأى عدد شئنا تكون على أى قطع أردنا من قطوع المخروط.

لعب التحليل والتركيب، إذن، دوراً مهماً فى تاريخ الرياضيات وتاريخ المنطق على السواء. وقد ورد التحليل والتركيب فى نص بابوس المختصر عن "المجموع الرياضي"، وفى بعض فقرات كتاب برقلس "شروح على الكتاب الأول من "الأصول" لأقليدس"، وفى بعض سطور جالينوس. ولعب التحليل والتركيب دوراً مهماً فى تاريخ الرياضيات وتاريخ المنطق حتى القرن التاسع عشر الميلادي. وهى الفترة المقرونة بالدور الذى لعبه التحليل والتركيب. أما الدور الذى لعبة التحليل والتركيب فى تاريخ الرياضيات وتاريخ المنطق فى القرن العاشر الميلادي، فهى الفترة التى كشف عنها رشدى راشد. أما الفترة المعروفة فى أهميتها، فهى تلك الممتدة خلال القرن السابع عشر الميلادي، فى حين أن الفترة الغير المعروفة فى أهميتها، فهى تلك الممتدة خلال القرن العاشر الميلادي. فقد بحث فى التحليل والتركيب الفلاسفة أمثال الفارابي، وبحث فيه علماء الرياضيات فى بغداد أمثال ابن سنان فى "مقالة فى طريق التحليل والتركيب فى المسائل الهندسية". وإن كان البحث فى طريق التحليل والتركيب فى المسائل الهندسية جزءاً لا ينفصل عن ممارسة الرياضيين لعلمهم، فإن قلة نادرة منهم هى التى خصصت له حيزاً متميزاً للبحث النظري.

ومثل بحث ابن سنان فى طريق التحليل والتركيب فى المسائل الهندسية النص المتكامل الأول فى اللغة العربية، عن طريق التحليل والتركيب فى المسائل الهندسية، يكتبه عالم رياضيات ويصدر عن ممارسته العملية فى الهندسة. فموضوع مقالة ابن سنان ليس الرياضيات كلها إنما الهندسة وحدها. مع ذلك فوحدة الرياضيات التى يريد أن يقيمها من خلال إجراءات التحليل والتركيب، ومن خلال الاستدلالات المستعملة، تتجاوز حدود الهندسة. فالعلم الذى يؤسس للمنهج، أعنى التحليل والتركيب، وهو العلم المشترك، إنما هو نوع من المنطق الذى يقرن فن الاختراع بفن البرهان. ويمثل إسهام ابن سنان إسهاما خاصا، لأنه أول كتابة كاملة ومتكاملة حول ذلك النوع من المنطق الفلسفى للرياضيات. ورد ابن سنان المشكلة الأساسية لوحدة الهندسة لذلك العلم المنطقي–الفلسفى الذى يتعلق بالتحليل والتركيب.

حدد بن سنان مشروعه على النحو التالى : "إنى وجدت أكثر رسم طريقًا للمتعلمين فى استخراج المسائل الهندسية، من المهندسين، قد أتى ببعض الأمر المحتاج إليه فى ذلك، ولم يأت بجميعه، لا، كل واحد منهم كان يخاطب من قد أمعن فى الهندسة وارتاض فى استخراج مسائلها وبقيت عليه بقايا، فكان يقصد لإيقافه عليها وإرشاده إليها فقط. فرسمت فى هذا الكتاب طريقًا للمتعلمين، يشتمل على جميع ما يحتاج إليه فى استخراج المسائل الهندسية على التمام. وبينت فيه أقسام المسائل الهندسية بقول مجمل، ثم قسمت الأقسام، وأوضحت كل قسم منها بمثال، ثم أرشدت المتعلم إلى الطريق الذى يعرف به فى أى قسم منها يدخل ما يلقى عليه من المسائل، ومع ذلك كيف الوجه فى تحليل المسائل -وما يحتاج إليه فى التحليل من التقسيم والاشتراط- والوجه فى تركيبها -وما يحتاج إليه من الاشتراط فيه-، ثم ككيف يعلم هل المسألة مما يخرج مرة واحدة أو مرارًا، وبالجملة سائر ما يحتاج إليه فى هذا الباب. وأومأت إلى ما يقع للمهندسين من الغلط فى التحليل باستعمالهم عادة قد جرت لهم فى الاختصار المسرف. وذكرت أيّضا لأى سبب يقع للمهندسين، فى ظاهر الأشكال والمسائل، خلاف بين التحليل والتركيب، وبينت أنه ليس يخالف تحليلهم التركيب إلا فى باب الاختصار، وأنهم لووفوا التحليل حقه، لساوى التركيب، وزال الشك عن قلب من يظن بهم أنهم يأتون فى التركيب بأشياء لم يكن لها ذكر فى التحليل من قبل: ما يرى فى تركيبهم من الخطوط والسطوح وغيرها مما لم يكن له ذكر فى التحليل. وبينت ذلك، وأوضحته بالأمثلة. وأتيت بطريق يكون التحليل فيه على جهة يوافق التركيب، وحذرت من الأشياء التى يتسمح بها المهندسون فى التحليل، وبينت ما يلحق من الغلط إذا تسمح بها."(٩)

فى ضوء ذلك، كان مشروع بن سنان هو تصنيف المسائل الهندسية وفقا لمعايير مختلفة (عدد الشروط، عدد الحلول...)، وبيان أسلوب الإجراء التحليلى والتركيبي، فى كل مقولة على حدة، وبيان مواضع الخطأ وأسلوب اجتنابها. هو إذن مشروع ومنطق عملي، حيث يحتل مبدأ عدم التعاكس موقعا مهما. أراد ابن سنان، فى بحثه عن التحليل والتركيب، أن يرسم منهجا، يشتمل على المسائل الهندسية بوجه عام من دون البحث فى البرهان. وهو المنهج المغاير تماما لمنهج ابن الهيثم بعد ذلك. فغاية الرياضيات هى استخراج المجهولات من جزئياتها وتدل البراهين على حقائق معانيها. والذروة فى طلبها الظفر بالبراهين التى تستنبط بها مجهولاتها. والبرهان هو القياس الذى يدل على صحة نتيجته. وهذا القياس يتركب من مقدمات يعترف الفهم بصدقها، ومن نظام وترتيب لهذه المقدمات يجبر سامعه على تيقن لوازمها. واختلف مشروع بن سنان كذلك عن مشروع السجزي، كما عرضنا له فى هذا الفصل نفسه. ففى ضوء ثابت بن قرة وبن سنان، بحث السجزى فى مسألة الكشف فى الهندسة، وحلها حلا تحليليا وتركيبيا.

إذن ينطبق منهج التحليل والتركيب لدى ابن سنان، كما ورد فى بحثه، على حل المسائل وليس على برهان المبرهنات *THEOREMES*. ومن الصعب التفريق تماما بين البرهان على المبرهنات وحل المسائل. فقد

نصوغ الخاصية نفسها فى شكل المبرهنة أو فى شكـل لازمـة (*porisme* أو *corollaire* أو *corollary*) أوفى شكل مسألة. وما نعنيه اليوم باسم "اللازمة" هو ما كان اليونان يسمونه باسم "*Porisme*، وهى حقيقة تنتج فورا وبسهولة من نظرية أو حقيقة أخرى. وهى نتيجة تظهر عَرَضياً فى أثناء البرهان على القضية الرئيسية موضع البحث، وهى نوع من النتائج العَرَضية من نتائج البرهان، كما أورد برقليس، فى " شرحه على أقليدس" (ج١). واسم اللازمة هو كذلك نوع متميز من القضايا الرئيسية. أفرد أقليدس عملا مستقلا عن كتاب "الأصول"، للبحث فى "اللازمة"، كما أورد بابوس.

وتطور مصطلح "المسألة" فى التاريخ ومن رياضى إلى آخر. وقد تطور هذا المصطلح فى القرن العاشر الميلادى تطورا بارزاً. لم يفرق ابن سنان تفريقاً قاطعاً بين المبرهنات والمسائل. وهذا الإمتناع بحاجة إلى مناقشة. أليس "الشكل"، كما كان معروفاً فى القرنين التاسع الميلادي، والعاشر الميلادي، هو الذى يفهم اليوم بمعنى المبرهنات ؟ أى إذا أُعطى كذا وكذا نحصل على كذا وكذا؟ يضرب ابن سنان أربعة أمثلة، إثنين منها لبيان مسألتين وإثنين آخرين لبيان برهانين. المسألتان هما :

كيف تعمل *CONSTRUIRE* مثلثا (الموضوع) مساويا لمثلث معلوم (كما عرض له ثاوذوسيوس فى كتابه عن "الأكر") ويكون شبيها بمثلث معلوم (خاصية الموضوع) ؟[١٠] هذا المثال هو حالة خاصة من حالات وردت بكتاب "الأصول" لأقليدس، ٦، ٢٥ ؛

١/أ- إذا كان مثلث (الموضوع) معلوم شبيهًا بمثلث معلوم (الخاصية نفسها)، كيف تعلم *CONNAITRE* أضلاع المثلث؟[١١] إن الفرق بين المسألتين هو الفرق بين العمل والمعرفة.

ينهض البرهانان على ما يلى :

كـيف تبيـن *DEMONTRER* أن كـل خطين يتقاطعان فى دائرة ينقسمان بأقسام تحيط بسطوح متساوية ؟ [١٢]

كيف نبين أن كل مثلث متساوى الأضلاع فالأعمدة الثلاثة التى تخرج من نقطة فى داخله مثل عمود من أعمدته ؟[١٣]

وقسم ابن سنان أقسام بحثه فى المسائل الهندسية تقسيما مجملا، ثم قسم الأقسام، وأوضح كل قسم منها بمثال، ثم أرشد الدارس إلى منهج الجواب على الأسئلة التالية : فى أى قسم منها يدخل ما يلقى عليه من

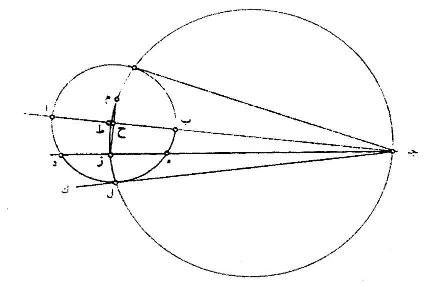
المسائل؟ كيف بالإمكان تحليل المسائل ؟ ما مقتضيات التحليل فى التقسيم والاشتراط؟ مـّ طريق تركيبها ؟ ما مقتضيات الاشتراط فيه؟ كيف يعلم هل المسألة مما يخرج مرة واحدة أو مرارًا ؟

وأشار إلى ما يقع للمهندسين من الخطأ فى التحليل والتركيب. وذكر لأى سبب يقع للمهندسين، فى ظاهر الأشكال والمسائل، تناقض بين التحليل والتركيب، وبين أنه ليس يخالف تحليلهم التركيب، وأنهم لووفوا التحليل حقه، لساوى التركيب. يُذَكِّرُ التركيبُ بأشياء واردة فى التحليل من قبل. وبين ذلك، وأوضحه بالأمثلة. وأتى بطريق يكون التحليل فيه على جهة يوافق التركيب.

١-١-١- مجال تطبيق التحليل الهندسي

إن مجال تطبيق التحليل الهندسى عند ابن سنان هو مجال استخراج المسائل وليس مجال البرهان على المبرهنات الهندسية. لذلك أراد ابن سنان أن يبين أن أكثر من حدد منهجا فى استخراج المسائل الهندسية، من المهندسين، قد أتى ببعض الأمر الضرورى فى استخراج المسائل الهندسية، ولم يأت بالمسائل الهندسية كافة.

إن حل مسألة من المسائل إذن هو عند ابن سنان بيان أن هناك موضوعاً M يحقق خاصية أو خواص P أى إن حل مسألة من المسائل هو البرهان على القضية الوجودية. وهى مسألة صيغة وجود الموضوعات الرياضية وطبيعتها. ومسألة وجود الموضوعات الرياضية هذه صارت مسألة مهمة عند خلفاء ابن سنان، أمثال القوهى وابن الهيثم. ومسألة وجود الموضوعات الرياضية هذه قادت خلفاء ابن سنان، أمثال القوهى وابن الهيثم، وغيرهما من علماء الرياضيات، إلى التفريق تماما بين الوجود والعمل، بين الكيان والبناء. فى التحليلات والتركيبات التقليدية التى يعرض لها ابن سنان أول الأمر وقبل أن يقدم بديله، تنقسم مسألة صيغة وجود الموضوعات الرياضية وطبيعتها إلى قسمين : إذا بينا فى التحليل وتوسلنا بنظريات كتاب "المعلومات" لأقليدس، أو بالقضايا المشابهة، أن الموضوع المبحوث "معطى" أو"معلوم"، فى التركيب، نعمل بالمسطرة والبرجل، هذا الموضوع، علماً بأن العمل بالمسطرة والبرجل، عند ابن سنان، هو مقياس الوجود بامتياز. والمسائل كلها التى أوردها ابن سنان فى بحثه تقبل البناء أو العمل بالمسطرة والبرجل. والمسائل كلها التى أوردها ابن سنان فى بحثه هي، فى الاصطلاح اليوناني-الهلنستي، مسائل "مستوية *PLANS* ". وهذه إحدى الكلمات الأساسية التى لا تعرف فى الرياضيات الاستنتاجية، وهى النقطة والخط والسطح. ويكون السطح مستوياً إذا كان المستقيم الواصل بين أى نقطتين فيه يقع بتمامه على هذا السطح. بعبارة أخرى، المسائل كلها التى أوردها ابن سنان فى كتابه هي، مسائل تقبل الحل من خلال المعادلات التربيعية، وهى المعادلات من الدرجة الثانية، وهى معادلات فى متغير واحد من الدرجة الثانية، وصورتها العامة هى : أس٢ + ب س + ج = صفراً.



١-١-٢- تصنيف المسائل

يقسم ابن سنان المسائل قسمين كبيرين ينقسم كل منهما إلى أقسام :

أ- المسائل المستوفاة الشروط :

هى المسائل المتناهية الحلول أو المسائل من دون حلول. المسائل مستوفاة الشروط والفروض ولا تحتاج فى أن تخرج المسألة منها أولا تخرج إلى زيادة فى الشروط والفروض ولا نقصان ولا تغيير.

أ-١- المسائل الصحيحة والحلول المحددة

تخرج كيف صرفت أحواله خروجًا محدودًا. والسؤال الذى يطرحه ابن سنان هو: كيف نقسم خطاً مفروضاً على نسبة معلومة ؟(١٤) (مثال:٤/أ).

أ-٢- المسائل المستحيلة أو الحلول المتنعة

هى المسائل التى نبرهن فيها أنه لا يوجد موضوع يتمتع بالخاصية أو بالخواص المرغوبة P أوهى المسائل التى نبرهن فيها أنه لجميع الموضوعات $M \cdot P(M)$ هى خطأ، وهى ليست مسائل لا تقبل البرهان بمعنى أنها لا تقبل الحل. ومثال(١٥) : ٦ : كيف نخرج من نقطة خارج دائرة خطًا يقطعها، وإذا أضعفت الزاوية التى بين القطر الذى يمر بتلك النقطة وبين الخط الخارج، كانت أقل من الزاوية التى يحيط بها الخط المماس للدائرة مع ذلك القطر، وإذا قسم الخط الذى يقع فى الدائرة من الخط الخارج من تلك النقطة بنصفين، وأخرج من نصفه عمود على ذلك القطر كان مساويًا لخط معلوم، هو ربع القطر(١٦).

فإن هذه مسألة مستحيلة.

وإنما قال ابن سنان فى المسائل التى تدخل فى قسم المسائل المستحيلة إنها مسائل مستوفاة الشروط كاف وحده فى ألا تخرج المسألة وليس يحتاج إلى زيادة ولا نقصان حتى تصير المسألة مما لا يخرج. ووقع تصنيف المسائل المستحيلة ضمن المسائل مستوفاة الشروطه والفروضه والتى لا تحتاج فى أن تخرج المسألة منها أولا تخرج إلى زيادة فى الشروط والفروض ولا نقصان ولا تغيير. ومثل ذلك تصورا جديدا ونظرية وجودية جديدة فى ذلك الوقت من تاريخ الرياضيات العربية وفلسفتها. فقد بدأ علماء الرياضيات فى اللغة

العربية، فى ذلك الوقت وضد التحليل الديوفنطى نفسه، التفكير فى صياغة نظرية موجبة للمستحيل. صار المستحيل، فى أفق التصور الوجودى الجديد المغاير "لديوفنطس الإسكندراني، وتصوره للجبر، "شيئا"، كما سنبين ذلك بالتفصيل فى الفصل الثانى من هذا الباب، عند الكلام على العلاقة بين الرياضيات والفلسفة لدى الفلاسفة.

ب – المسائل التى تحتاج إلى تغيير بعض فروضها

فأما المسائل التى هى بزيادة شروط لا تخرج، فإنما يكون نعتها هذا النعت، يعنى ابن سنان أنها لا تخرج إلا بشرط السؤال. وهو لا يخرج جزمًا. لأن شروطه ليست كافية بعد. لأنه لم يوجد فيها الشيء الذى بسببه لا تخرج، وتحتاج إلى أن تصير بهذه الحال إلى زيادة وتغيير ما. إذا كان السؤال مبهماً، فيمكن أن تخرج وألا تخرج. فأما إذا كان السؤال خاصاً بأن يضاف إليه الشيء الذى به تخرج المسألة، فإن المسألة تصح بوجه مطلق، وإن خصصت بالتصريح فى السؤال بما به لا تخرج المسألة، جرت مجرى المسائل المستحيلة. ومنها المسائل التى تحتاج إلى تغيير فروضها، بزيادة فرض لم يكن فى السؤال، أو نقصان شرط، وهى ثلاثة أصناف:

ب – ١– مسائل محدودة DIORISME

إنها المسائل التى تقضى بإدخال شرط إضافى يقال إنه شرط "استثنائي" أو شرط "التحديد" *DIORISME*. من المسائل المحدودة : نريد أن نعمل *CONSTRUIRE* مثلثًا مساوية أضلاعه لثلاثة خطوط معلومة، كل واحد منها لواحد (مثال ٩)[١٧]. وهو مثال أقليدس التقليدى الوارد فى كتابه "الأصول"، ١، ٢٢، والذى استعاده ابن الهيثم بعد ذلك فى كلامه على تصور المحدود فى جزئيات الهندسة قائلا : " نريد أن نعمل من ثلاثة خطوط مفروضة مثلثاً، فإن لم نشرط فى الخطوط أن يكون كل اثنين منها أعظم من الثالث، لم يمكن أن نعمل من الخطوط الثلاثة مثلثاً. "

كان الرياضيون الهيلينستيون بعامة، وبرقلس بخاصة، يفرقون بين شرط الاستثناء كشرط ضرورى لوجود الحلول، وبين شرط الاستثناء كتحديد الموضوع المبحوث. تقضى المسائل من هذا النوع إذن بوجود استثناء أو شرط إمكان الحل، أى إيجاد، فى المثال سالف الذكر، فى الخطوط كل اثنين منها أعظم من الخط الثالث. ومثلت مسائل بشرط السؤال *DIORISME* نوعاً مهماً من المسائل فى القرن العاشر الميلادي. فبعض معادلات الدرجة الثانية التى حلها معاصرو ابن سنان، يمثل جزءاً من هذا النوع من المسائل. فالمعادلة الخامسة الصحيحة عند الخوارزمى تمثل جزءاً من هذا النوع من المسائل : " وأما الأموال والعدد التى تعدل

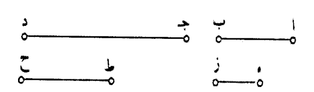
الجذور فنحو قولك مال وأحد وعشرون درهما كان ما اجتمع مثل عشرة أجذار ومعناه أى مال إذا زدت عليه واحد وعشرين درهما كان ما اجتمع مثل عشرة أجذار ذلك المال. فبابه أن تنصف الأجذار فتكون خمسة فاضربها فى مثلها تكون خمسة وعشرين فأنقص منها الواحد والعشرين التى ذكر أنها من المال فيبقى أربعة فخذ جذرها وهو اثنان فانقصه من نصف الجذر وهو خمسة فيبقى ثلاثة وهو جذر لمال الذى تريده والمال تسعة. وان شئت فزد الجذر على نصف الأجذار فتكون سبعة وهو جذر المال الذى تريده والمال تسعة وأربعون. فإذا وردت عليك مسألة تخرجك إلى هذا الباب فامتحن صوابها بالزيادة فان لم تكن فهى بالنقصان لا محالة وهذا الباب يعمل بالزيادة والنقصان جميعا وليس ذلك فى غيره من الأبواب الثلاثة التى تحتاج فيها إلى تنصف الأجذار."(١٨)

ب- ٢- المسائل السيالة INDETERMINES، ولها قسمان:

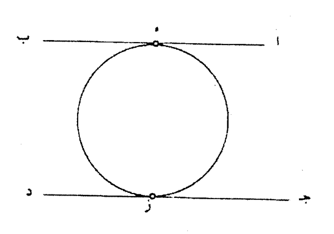
ب-٢-١- المسائل السيالة INDETERMINES، حصراً

فإن تحليل الأمثلة ٧، ٤، ١٢ يوقف الباحث على المسألة السيالة، وذلك أنه ليس ينتهى بك إلى شيء معلوم، بوجه ولا سبب، وإنما ينتهى إلى أشياء لا تحصي. مثال ٧ : خطا أ ب جـ د متوازيان، وقد وصلنا أ جـ إلى نقطة هـ ز إلى زح كنسبة هـ ا إلى اجـ ؛(١٩)

- نريد أن نجد خطين نسبة أحدهما إلى الأخر معلومة (مثال ٤)؛(٢٠)



- نريد أن نجعل بين خطين متوازيين دائرة تماس ذينك الخطين وتكون مثل دائرة مفروضة(١٢). (٢١)



وتختلف درجة السيولة فى المسألة من مثال لآخر. فى المثال ٧، تخرج المسائل خروجًا لا يلزم منه أن يكون شيء معلوم القدر والوضع والشبه، يعنى الصورة أو غير ذلك من أصناف التحديد، بلا اشتراط ولا استثناء؛ ومتى أصلح السؤال، ورد ما نقصه إلى موضعه، صارت المسألة من المسائل

الصحيحة التى ذكرها ابن سنان من قبل. فى المثال ٤، فإن المسألة سيالة، إلى أن تقول ويكون مجموعها معلومًا، فتكون من المسائل الصحيحة.

ب-٢-٢- المسائل السيالة INDETERMINES المحدودة

وهو القسم الآخر من المسائل السيالة. وهو ما كان من المسائل محتاجًا إلى ذكر شيء آخر. مثال ١٢ : يضع خطى أ ب جـ د المتوازيين ودائرة ح، ونريد أن نعمل دائرة تماسهما، وتكون مثل دائرة ح.[٢٢] فنزل على سبيل التحليل أن ذلك قد وقع وأن الدائرة هـ ز؛ فإن وصل بين تَماسّيهما بخط، كان قطرًا، كما تبين فى كتابه فى "الدوائر المتماسة" وكان مثل قطر دائرة ح المعلوم فإذن خط هـ ز معلوم، وهو عمود على كل واحد من خطى أ ب جـ د لأنه قطر فى طرفه خط مماس، فإذن خط هـ ز هو مثل العمود الخارج بين خطى ا ب جـ د؛ فلم يؤد هذا إلى شئ معلوم الوضع والقدر، وذلك أنك لو رسمت دوائر بلا نهاية بين هذين الخطين، لكانت هذه حالها؛ وبين أنه قد أوجب التحليل شريطة، وهى أن يكون العمود الذى بين الخطين المتوازيين مثل قطر الدائرة المفروضة، يعنى ح.

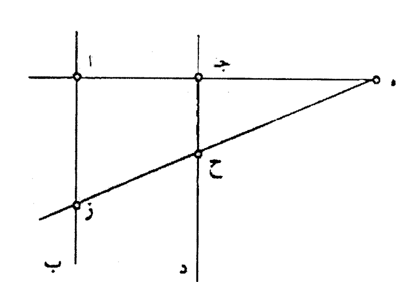
مثال ٨ : دائرة أ ب مفروضة، وخط جـ د هـ، حتى يكون ضرب هـ جـ فى جـ د معلومًا، يعنى مثل سطح معلوم؟[٢٣] فإن ذلك المثال مما يحتاج أن يقال فيه : على أن يكون ذلك السطح المعلوم مثل مربع جـ ا. وهو القسم الأخر من المسائل السيالة، وهو ما كان من المسائل محتاجًا فى أن يصير فى القسم الذى ذكره ابن سنان سلفاً من قسمى المسائل السيالة، إلى ذكر شيء آخر.

ويبدو بالنسبة إلى ابن سنان أن "المسائل السيالة" تحيل إلى مجال غير مجال الهندسة. لكن هذا الاصطلاح ظهر عند أبى كامل (٢٣٦-٣١٨هـ / ٨٥٠-٩٣٠م)، وشهرته "الحاسب المصري"، ويعرف باسم "أبى كامل المصري" أحيانا، وأيْضا "بشجاع بن أسلم"، وهو رياضى اشتهر فى القرن الثالث الهجرى / التاسع الميلادي، وكان أحد الرياضيين الذين ما انفكوا منذ عهد الخوارزمى يستحوذون على النظام الحسابى الغير اليوناني، ليطوروا الحساب الجبري، ونظرية المعادلات، والتحليل السيال، وذلك قبل ترجمة حساب ديوفنطس. وظهر مصطلح "المسائل السيالة" بوجه عام فى النصف الثانى من القرن التاسع الميلادي، وفى مجال محدد تماما فى علوم الرياضيات العربية، هو مجال التحليل الديوفنطى السيال. وهو الأمر الذى لم يكن بإمكان ابن سنان أن يجهله، بل أراد أن يؤسس، من خلال تصنيفه للمسائل، لمجال التحليل الديوفنطى السيال. إن الجبر الذى طوره الرياضيون بعد قرن ونصف القرن تقريبا من الخوارزمى قد تحول بفضل الحسبنة. فالحسبنة هى ما قام بها الكَرَجى والسَّهروردى والسموأل بوصفها نقلا لعمليات الحساب الأولية وخوارزمية القسمة الإقليدية أو استخراج الجذر وتمديد ذلك إلى العبارات الجبرية وبخاصة إلى متعددات الحدود. وجرت العادة فى لبنان

بنحو خاص على استعمال متعددات الحدود لا كثيرات الحدود، وهو الاستعمال الأدق، لأن المتعدد هو غير الكثير.

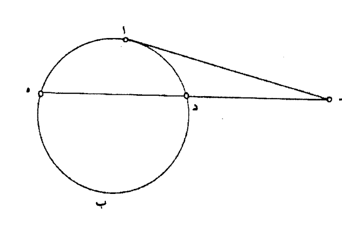
وبفضل حسبنة الجبر هذه تمكن الرياضيون ما بين القرنين العاشر والثانى عشر من إنشاء جبر متعددات الحدود والوصول إلى معرفة أفضل بالبُنية الجبرية للأعداد الحقيقية. أو بعبارة أخرى، لنقل بأن هؤلاء الرياضيين عملوا بطريقة تجريبية للوصول إلى توسيعات جبرية منتهية لحقل الأعداد المنطقة. ومنذ ذلك الحين انتظم التحليل السيال كجزء لا يتجزأ من الجبر العربى قبل ترجمة حسابيات ديوفنطس بزمن بعيد.

ب-٣- المسائل التى تحتاج إلى تغيير جزء من الفروض



وهى المسائل التى تختص بأن جزءاً من فروضها يكفى التحليل لتحديد الموضوع أو الموضوعات المبحوثة (عددها المتناهى أو اللامتناهى وربما المحدود)، وأما الفروض المتبقية فهى إما تشبع موضوعا أو الموضوعات المحددة. وقد وردت المسائل التى تحتاج إلى تغيير جزء من الفروض لدى بيار فرما فى القرن السابع عشر الميلادى باللغة نفسها تقريبا. وإذا كان من السهل للجبرى أن يحدد طبيعة هذه المسائل التى تحتاج إلى تغيير جزء من الفروض، أى المسائل التى تحتوى على معادلات أكثر من كونها تحتوى على معلومات، فإن الأمر يختلف فى الهندسة.

ب-٣-١- المسائل السيالة المضاف إليها شرط



مثال : (٧/ ب) فى الخطين المتوازين اللذين رسمهما : نريد أن نخرج من خطاً ينقسم بتلك النسبة السابقة، ومـــع ذلك يفـــصـــل خـــطـــين كخطى جـــ ح ز ا، تكون نسبة ز ا إلـــى جـــ ح كنسبة هـــ جـــ إلى جـــ ا.(٢٤)

وهى من المسائل التي، إذا أسقطت الزيادة من فروضها، رجعت إلى المسائل السيالة. وأورد **المثال ٨/أ**[٢٥] : فى الدائرة التى سبق أن افترضها ابن سنان فى **المثال (٧/ب)**[٢٦]، فى الخطين المتوازين اللذين رسمهما : نريد أن نخرج من خطأ ينقسم بتلك النسبة التى قلنا، ومع ذلك يفصل خطين كخطى جـ ح ز ا، تكون نسبة ز ا إلى جـ ح كنسبة هـ جـ إلى جـ ا، نريد أن نخرج من نقطة جـ خطًا يقطع الدائرة حتى يكون ضرب جـ هـ فى جـ د مثل سطح معلوم، على أن يكون القطر ا ب، ويكون د هـ ضعف ا ب.

ب-٣-٢- المسائل المحدودة بشرط

مثال (٩/أ)[٢٧] : نريد أن نعمل مثلثًا تكون أضلاعه مساوية لثلاثة خطوط مفروضة، فى دائرة معلومة. فإن هذه الزيادة، إذا أسقطت، رجع السؤال إلى القسم الأوسط من المسائل التى تحتاج إلى تغيير. إذا نقصت الزيادة منه، رجعت إلى المسائل التى تحتاج إلى اشتراط، وهو القسم الأوسط من المسائل التى تحتاج إلى تغيير.

ب-٣-٣- المسائل الصحيحة الزائدة

فأما ما يصير مع الزيادة سيالاً، فلا خلاف بينه وبين السيال سالف الذكر فجعله ابن سنان قسمين. وما يزاد على السيال، إذا صير المسألة إما صحيحة وإما باطلة أو غير ذلك، فهو من جنس سائر المسائل.

- وجهات الفروض الزائدة :

- الفروض الزائدة المستحيلة

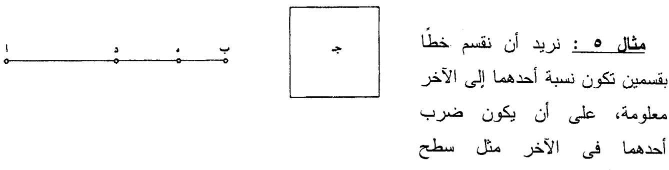
ومنها ما يرجع، إذا نقصت الزيادة فى الفروض، إلى المسائل التى هى صحيحة، وهى التى ذكرها ابن سنان من قبل، كقولك : نريد أن نقسم خطًا معلومًا بقسمين تكون نسبة أحدهما إلى الآخر معلومة، وضرب أحدهما فى الآخر معلومًا. فإنا إذا أسقطنا "ضرب أحدهما فى الأخر معلوم"، كانت المسألة من المسائل الصحيحة التى ذكرها ابن سنان بديًا. وليس هذا قسمًا آخر من الصنف الثالث، وهو المسائل المستحيلة، يعنى التى ذكرها ابن سنان بديًا وتقضى بتعيين شرط آخر؛ فإنه إذا زيد ذلك الشرط كانت فى الزيادة مستحيلة كما كانت قبل الزيادة. نريد أن نقسم الخط بقسمين، نسبة أحدهما إلى الآخر معلومة، وضرب أحدهما فى الآخر مثل مربع الخط كله.

- الفروض الزائدة الممكنة الغير المحدودة

إن الزيادة الغير المحتاجة إلى شرط، لكن اجتماعها مع شروط المسألة قد يجوز أن يتفق، إلا أنه ليس من اضطرار. وليس كل زيادة فى السؤال تجعل المسألة بعد الزيادة محالاً : فإن الزيادة فى المسألة السيالة، إذا

جرت على الصواب، كانت مما يصحح المسألة أو مما يقربها من الصحة، ومتى لم تجر على الصواب، كانت تجرى مجرى ما قد شرحه فى ذلك القسم من المسائل التى تحتاج إلى تغيير.

- الفروض الزائدة الممكنة بشرط



مثال ٥ : نريد أن نقسم خطًا بقسمين تكون نسبة أحدهما إلى الآخر معلومة، على أن يكون ضرب أحدهما فى الآخر مثل سطح معلوم(٢٨).

فإن ذلك السطح قد يمكن أن كيون مثل السطح الذى يحيط به قسما الخط، إن اتفق ذلك، ويمكن ألا يكون، لأن مساواة السطح لضرب القسمين، أحدهما فى الآخر، ليس هو من الأشياء الداخلة فى المسألة، وإنما هو زائد؛ والشرط الذى تحتاج إليه الزيادة، هو أن يكون السطح ليس بأعظم من ربع مربع الخط.

- الفروض الزائدة الواجبة

إن الزيادة الغير المحتاجة إلى شرط، لكن اجتماعها مع شروط المسألة قد يجوز أن يتفق من اضطرار. لكن ابن سنان لا يحدد على وجه الدقة مدلول القضايا الواجبة كما لا يضرب مثالا دالا على ما يوحى به.

فهذه هى أقسام المسائل الهندسية كلها التى استقصاها ابن سنان، واستعادها ابن الهيثم بعد ذلك فى بحثه عن التحليل والتركيب، كما اقتبس بعضاً من أمثلة ابن سنان. انقسم القسم العملى فى الرياضيات، عند ابن الهيثم، إلى قسمين : محدود وغير محدود. فى جزئيات علم العدد، نريد أن نقسم، تمثيلا لا حصرا، عددين معلومين بنسبتين معلومتين، فإن لم يشرط أن تكون إحدى النسبتين أعظم من نسبة أحد العددين المقسومين إلى الآخر، وتكون النسبة الأخرى أصغر من نسبة العددين المقسومين أحدهما إلى الآخر، لم يمكن أن يقسم ذينك العددان على تينك النسبتين، وهذا الشرط يسمى تحديداً. ومثل قولنا : نريد أن نجد أعظم عدد يعد عددين معلومين، فإن لم يشرط فى العددين أنهما مشتركان، لم يمكن أن يوجد عدد يعدهما، وهذا الشرط هو التحديد. ومثل قولنا : نريد أن نجد عدداً ثالثاً مناسباً لعددين معلومين، فإن لم يشرط فى العددين أنهما مشتركان لم يمكن وجود عدد ثالث مناسب للعددين.

فأما المحدود فى جزئيات الهندسة فمثل قولنا : نريد أن نعمل من ثلاثة خطوط مفروضة مثلثاً، فإن لم نشرط فى الخطوط أن يكون كل اثنين منها أعظم من الثالث، لم يمكن أن نعمل من الخطوط الثلاثة مثلثاً. ومثل قولنا : نريد أن نخرج فى دائرة معلومة وتراً مساوياً لخط معلوم، فإن لم نشرط فى الخط أنه ليس بأعظم من قطر تلك الدائرة، لم يمكن إخراج الوتر فيها. ومثل قولنا : نريد أن نخرج من نقطة معلومة إلى خط مستقيم معلوم خطاً يكون عموداً عليه، فإن لم نشرط فى الخط أنه غير متناه، فربما لم يمكن ذلك فيه. فهذه الشروط الثلاثة هى تحديد هذه الأشكال الثلاثة.

فأما علم الهيئة وعلم الموسيقى فليس فيهما تحديد، لأنه ليس فيهما معان عمليه إلا فى براهينهما ومقاييسهما وجميع ما فى تلك الأعمال فهى عددية أو هندسية.

فأما القسم المحدود السيال من جزئيات علم العدد، فمثل قولنا : نريد أن نجد عددين مربعين يكون مجموعهما مربعاً، وهذا القول يكون له عده أجوبة، أى أنه بالإمكان قيام مربعات كثيرة بلا نهاية يكون كاثنين منهما مجموعهما مربع. ومثل قولنا : نريد أن نجد عدداً فيه أجزاء مفروضة، وقد توجد أعداد كثيرة بلا نهاية كل واحد منها له تلك الأجزاء بعينها.

فهذه هى بعض أقسام الرياضيات العملية التى استقصاها ابن الهيثم من بعد ابن سنان فى بحثه عن التحليل والتركيب. انقسم القسم العملى فى الرياضيات، عند ابن الهيثم، إلى قسمين من دون الإشارة إلى فكرة المسائل التى كانت عند ابن سنان. ومهد ابن سنان لصياغة تصنيف القضايا فى سياق بحثه فى المسائل الزائدة على النحو التالى :

١- القضايا الواجبة؛

٢- القضايا الممكنة المحدودة والغير المحدودة؛

٣- القضايا المستحيلة.

وهو التصنيف الذى استوحاه السموأل بن يحيى بن عباس المغربى (متوفى حوالى سنة ٥٧٠ هـ/١١٧٥ م) فى المقالة الرابعة فى تقسيم المسائل فى كتابه فى "الباهر فى الجبر". وهو التقسيم الذى ينقسم إلى ثلاثة أبواب : المسائل الممكنة، المسائل المستحيلة، المسائل الواجبة. ويلجأ ابن سنان فى تصنيفه إلى القياس المنطقى : عدد الحلول، عدد الفروض، توافق الشروط، استقلال الشروط الممكن. وهو التصنيف الذى يختلف

عن تصنيف قديم يونانى وهلنستى ساد حتى النصف الثانى من القرن السابع عشر الميلادي، وقام على قياس العمل والبعد، واستخدمه بابوس، وبنوموسى، وابن الهيثم، وعمر الخيام، وبيار فرما، تمثيلا لا حصراً.

ثانيا : الحسن أبو على بن الحسن بن الهيثم

(البصرة، النصف الثانى من القرن العاشر-مصر، بعد ٤٣٢ / سبتمبر ١٠٤٠م)

٢-١-تغيير موقع ابن الهيثم فى تاريخ الرياضيات العربية الكلاسيكية

سبق أن أشرت فى مقدمة هذا الكتاب إلى موسوعة رشدى راشد العملاقة عن تاريخ الرياضيات التحليلية فى اللغة العربية بين القرن الثالث الهجرى والقرن الخامس الهجرى (ج١ : المؤسسون والشراح؛ ج٢ : الحسن بن الهيثم؛ ج٣ : الحسن بن الهيثم، القطوع المخروطية، الأعمال الهندسية، الهندسة العملية؛ ج٤ : الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات)[٢٩]. كان المقصود من موسوعته عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرنين هو التأريخ لحساب الصغائر بين القرن التاسع والحادى عشر الميلاديين، وبخاصة أعمال الحسن بن الهيثم. فظهر الجزء الثانى -ج٢ : الحسن بن الهيثم- من الكتاب قبل الجزء الأول -ج١ : المؤسسون والشارحون-، وهو يضم أعمال الحسن بن الهيثم فى حساب الصغائر أوفى الحسابات اللامتناهية فى الصغر. ولوضع أعمال ابن الهيثم فى نسقها التاريخي، كان عليه أن يرى ما تم قبله وأن يرى كيف فسر هو فيما بعد. فى هذا الحال درس رشدى راشد ما كتب فى اللغة العربية فى هذا الميدان من القرن التاسع الميلادى حتى ابن الهيثم ثم شراح ابن الهيثم فى هذا الموضوع. ولدراسة أعمال ابن الهيثم نفسها فى هذا الميدان، كان على رشدى راشد أن يدرس تصوره وأعماله الهندسية، فكان الجزء الثالث -ج٣ : الحسن بن الهيثم-، وهو يدرس هندسة القطوع المخروطية كلها. وفى أثناء هذه الدراسة تبين لرشدى راشد أن ابن الهيثم كان قد ورَّث كل هذا التقليد الرياضى الذى بدأت فيه أفكار التحويلات النقطية الهندسية. ومـــن ثم تجدد الفكر الهندسى وتجددت فلسفة الرياضيات وتجدد تصور المكان، فكان الجزء الرابع -ج٤: الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات-، ويعد رشدى راشد الآن للجزء الخامس، وهو يتعلق بالهندسة الكروية وتطبيقاتها فى علم الهيئة ومحتوياتها التحليلية، ثم سيتبعه الجزءان السادس والسابع. فهدف رشدى راشد من موسوعته العملاقة عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرن الثالث والقرن الخامس هو تقديم عمل متكامل حول فروع الهندسة العربية كافة.

وسبق أن أشرت كذلك فى الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب إلى بيان رشدى راشد أن ابن الهيثم (٩٦٥ – ١٠٤٠) قد قدم فى أثناء حلّه لمسألة توافق خطى مبرهنة ويلسون كقضية تعبر بدقة عن "خاصية ضرورية" للأعداد الأولية أو بمعنى آخر عن "خاصية" تمتاز بها هذه الأعداد بالذات دون غيرها من الأعداد. وعرض رشدى راشد لمراحل عرض ابن الهيثم نفسه كى يدرس الحيّز الذى يفرده لهذه المبرهنة فى بحثه الخاص. ومن هنا فقد عدل تسجيل العالم وارينج (*E. Waring*) فى عام ١٧٧٠، فى كتابه فى "التأملات الجبرية" نشأة مبرهنة ويلسون وتكوينها. كشف يوانس ويلسون هذه الخاصية للأعداد الأولية. مع أن هذه المبرهنة ما انفكت تنسب لويلسون منذ ذلك الوقت، فإن أ. وارينج لم يذكر فى "التأملات الجبرية" (١٧٧٠) أن يوانس ويلسون قدّم برهانًا على خاصية الأعداد الأولية. لم يمتلك يوانس ويلسون برهانًا للمبرهنة التى تحمل اسمه. وزعزع الكشف عن مخطوطات ليبنيتز وابن الهيثم أسبقية ويلسون. ففى أواخر القرن التاسع عشر الميلادي، استطاع ج. فاكّا أن يكشف لدى ليبنيتز عن صياغة مكافئة لهذه المبرهنة وسابقة على صياغة ويلسون.

وفى الفصل الثانى من الباب الثانى من هذا الكتاب سبق أن أشرت إلى تغيير رشدى راشد لموقع ابن الهيثم فى تاريخ الرياضيات وفلسفتها.كان أساس تحقيق رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل هو بحثه فى مدى تأثير كتاب "المناظر" لبطلميوس (المقالة الخامسة حول انكسار الضوء، بوجه خاص) فى علم المناظر فى اللغة العربية. كان أساس تحقيق رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل الآخر هو قصده قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس فى البحث فى الرياضيات فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادي. قاد هذان الأساسان إلى تغيير موقع الرياضى والفيزيائى ابن الهيثم (المتوفى سنة ١٠٤٠) فى تاريخ العلوم. كذلك قاد الأساسان –مدى تأثير كتاب "المناظر" لبطلميوس (المقالة الخامسة حول انكسار الضوء، بوجه خاص)؛ قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس فى البحث فى الرياضيات فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادي– إلى كتابة نشأة الوقائع العلمية الكلاسيكية وتطورها، من جديد. جدد ابن الهيثم، لأول مرة، علم المناظر ليشمل موضوعات تجاوزت أسلافه الهلينستيين. ودرس رشدى راشد شروط ذلك التجديد فى علم المناظر بخاصة، وفى الفيزياء بعامة. وحدد رشدى راشد أسباب التوسع فى مجالات البحث. وكان من البدهى أن يقود ذلك رشدى راشد إلى إعادة قراءة لتاريخ فصول عدة من علم المناظر: المرايا المحرقة أولاً، ومن ثم النظرية الهندسية للعدسات ثم علم انكسار الضوء. ولم يكن ذلك الخيار اعتباطيا *ARBITRARINESS* إنما كان خيارا ضروريا، وجوهريا، وطبيعيا، فقد أوحت به المجالات المتعددة التى درسها ابن الهيثم. فلقد درس ابن الهيثم المرايا المحرقة والكرة كما أفرد أجزاءً كاملة من كتاب المناظر للكاسر الكروي. ومن خلال تحديد رشدى راشد موقع دراسات ابن الهيثم حول المرايا والكرات والكواسر على خريطة مشروع ابن الهيثم، اجتث ابن

الهيثم من تراث بطلميوس. فإن دراسة رشدى راشد هذه الفصول قادته إلى اكتشاف نتاج ابن سهل الجديد. هذا النتاج هو دراسة تظهر فيها وللمرة الأولى النظرية الهندسية للعدسات. أما ابن سهل فهو رياضى فريد عاش فى النصف الثانى من القرن العاشر الميلادي، كان ابن الهيثم قد عرفه ودرسه. وقد قاد ذلك الكشف رشدى راشد إلى إعادة النظر فى تاريخ الانكساريات. بدا جليّا أن نظرية الانكساريات ليست من نتاج علماء نهاية القرن السادس عشر الميلادي. عادت دراسة انكسار الضوء ومعرفة قانون سنيلليوس إلى القرن العاشر الميلادي. من هنا تغير موقع ابن الهيثم نفسه فى تاريخ الرياضيات. صار لابن الهيثم أسلاف إلى جانب بطلميوس. وفى الحقبة الممتدة من بطلميوس إلى ابن الهيثم، نهض تجديد ابن الهيثم على حساب تقهقر نسبى لابن الهيثم. فامتنع الانطلاق من قانون سنيلليوس وحده. اكتشف ابن سهل قانون سنيلليوس. وعاد ابن الهيثم إلى مقارنات النسبة ما بين الزوايا. طرح رشدى راشد تجديد ابن الهيثم طرحا جديدا، فى ضوء عمل ابن سهل. وقد قدم ذلك الطرح الجديد فى سياق تقديم المخطوطات الأساسية لعلم الانكساريات فى اللغة العربية، أى أهم ما كتب فى هذا المجال قبل القرن السابع عشر الميلادي. لذا حقق رشدى راشد، وللمرة الأولى، "الرسالة" لابن سهل، وكذلك ما وصل إليه من دراساته الأخرى حول المناظر، عدا أعمال ابن الهيثم وكمال الدين الفارسي. فلقد برهن رشدى راشد وشرح ستة نصوص هى : "رسالة" ابن سهل وكلامه حول صفاء الفلك، ونصين من كتاب ابن الهيثم السابع فى كتاب المناظر – يبحث النص الأول فى الكاسر الكروى والنص الآخر فى العدسة الكروية – و"رسالته" حول الكرة المحرقة، وشرح كمال الدين الفارسي[٣٠]. ولا تقتصر أهمية البحث فى المرايا المحرقة والعدسات على مجالىّ انعكاس الضوء وانكساره إنما تتعداهما لتشمل علم "الهندسة". فاحدى السمات التطبيقية البارزة فى مجالىّ انعكاس الضوء وانكساره فضلا عن علم الرصد الفلكي، قد غابت عن بحث مؤرخى العلوم قبل رشدى راشد. لذلك ظهر انتماء الرياضيين فى اللغة العربية إلى المدرسة الأرشميدسية الجديدة والمدرسة الأبّولونية. لذلك خصص رشدى راشد جزءا مهما من بحثه لعلماء الرياضيات الأرشميدسيين الجدد، الذين حاولوا فى ما بين القرنين التاسع الميلادى والحادى عشر الميلادي، استعادة طرق أرشميدس أو تجديدها بهدف حساب مساحات السطوح المنحنية، وأحجام المجسمات الناجمة عنها، لتحديد مراكز الثقل فيها، وبحوث من طوروا الهندسة التحليلية بفضل نظرية القطوع المخروطية. وقد بلغ ذلك التراث ذروة مجده فى بحث ابن الهيثم.

كان عصر ابن الهيثم هو عصر ترجمة كتب الفلسفة والطب والرياضيات، من هندسة ومخروطات وجبر وحساب وفلك، وما كان يعد فى ذلك العصر من فروع الرياضيات، من بحوث فى مراكز الأثقال والحيل والمناظر والمرايا المحرقة والرياضيات التحليلية، كل ذلك من اللغة اليونانية إلى اللغة العربية[٣١]. وكان قد تم نقل ما نقل من الهندية والفارسية من كتب الفلك والعدد. وكان قد تمكنت هذه العلوم عند العلماء فى اللغة

العربية، وتم لهم دراستها وكانوا قد بدءوا فى شرحها والتعليق عليها. وكان قد ظهر أساطين الأعلام فى الفلسفة والطب والكيمياء والرياضيات. منهم فى الفلسفة الكندى والفارابى (أنظر الفصل الثانى من الباب الثالث من هذا الكتاب)، وفى الطب أبو بكر الرازى (أنظر بحث رشدى راشد فى الرازى فى "تصور اللامتناهى فى عصر الرازي"، أعمال مؤتمر الرازي، القاهرة، ١٩٧٧)، وفى الكيمياء جابر بن حيان، وفى الرياضيات أبو عبد الله محمد بن موسى الخوارزمى وثابت بن قره (أنظر الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب) وإبراهيم ابن سنان (أنظر الفصل الأول من الباب الثالث من هذا الكتاب) والخازن (أنظر الفصل الأول من الباب الثاني) وابن سهل والقوهى (أنظر الفصل الثانى من الباب الثانى من هذا الكتاب) وبنو شاكر، وفى الفلك أبو معشر البلخى وحنين، بن اسحق العبادى (٢١٥هـ -٢٩٨هـ وقال ابن الأثير: ٢٩٩ هـ)، الطبيب المشهور، ويعتبر أحد مشاهير النقلة الذين مثلوا على حركة الترجمة فى القرن الثالث الهجري/التاسع الميلادي، واحمد بن كثير الفرغانى وسهل بن بشر والبَتّاني، أبو عبد الله محمد بن سنان بن جابر الحرانى الفلكى (٢٣٥-٣١٧هـ / ٨٥٠-٩٢٩م)، رياضى وفلكى اشتهر فى القرن الرابع الهجرى / العاشر الميلادي، وعرف بلقب "بطلميوس"، وعبد الرحمن الصوفى والبوزجاني، أبو الوفا محمد بن محمد بن يحيى بن إسماعيل بن العباس (٣٢٨-٣٧٦هـ / ٩٤٠-٩٨٦م)، وهو رياضى وفلكى اشتهر فى القرن الرابع الهجري/ العاشر الميلادي.

أسهم ابن الهيثم فى المناظر وفى نقد النموذج البطلمى فى الفلك كما فى الرياضيات: الرياضيات الأرشميدية، النظريات العددية، عمل الأدوات الهندسية، أسس الرياضيات وغير ذلك من فروع الرياضيات. ولم يكتب فى الفلسفة بالمعنى الهلنستى لكلمة فلسفة. وكتاب "فى الأصول الهندسية والعددية" جمع ابن الهيثم فيه الأصول الهندسية والعددية من كتاب أقليدس وابولونيوس ونوع فيه الأصول وقسمها وبرهن عليها ببراهين نظمها من الرياضيات والحساب بخاصة حتى انتظم ذلك مع نقد أقليدس وبطلميوس. واستخرج ابن الهيثم أصول كتابه "الجامع فى أصول الحساب" لجميع أنواع الحساب من أوضاع أقليدس فى أصول الهندسة والعدد. وجعل السلوك فى استخراج المسائل الحسابية بجهتى التحليل الهندسى والتقدير العددي. وعدل فيه عن منهجيات الجبريين. ويحمل علمه طابعا تطبيقيا يدفع "الهندسة " إلى المدلول الفنى المعروف فى الوقت الحاضر، مثل مقالته فى "استخراج ما بين بلدين فى البعد من جهة الأمور الهندسية " ومقالته " فى إجراءات الحفور والأبنية بجميع الأشكال الهندسية"، "بلغ فيها أشكال قطوع المخروط الثلاثة المكافئ والزائد والناقص. لم يقتصر كتابه "فى المساحة" على كيفية تعيين مساحات الأشكال المختلفة من الناحية الرياضية. فتعيين مساحة سطح الكرة كان اصطلاحهم عنه "تربيع الكرة" وبالمثل " تربيع القطع الناقص" وغير ذلك من الكتب. وحقق رشدى راشد مخطوطة "قول فى الهلاليات"، و"قول فى تربيع الدائرة"، و"مقالة فى الأشكال الهلالية".

ورحل ابن الهيثم من بصرة بالعراق متجها إلى مصر نحو آخر القرن العاشر أو أوائل القرن الحادى عشر الميلادي. ولد الحاكم بأمر الله الفاطمى فى ٩٨٥/٣٧٥ وبدأ حكمه فى ٩٩٦/٣٨٦ قبل قتله فى ١٠٢٠/٤١١. فقد كان للحاكم ميل للعلم وميل لتشجيع العلماء. وأنشأ بالقاهرة داراً عرفت "بدار الحكمة" أو"دار العلم" جمع فيها العلماء. وقد كان يشهد أحياناً مناقشاتهم. وأيّضاً أنشأ فى المقطم مرصداً جعل فيه أحد مشهورى علماء الفلك فى ذلك العصر وهو"ابن يونس المصري" وانقطع فيه ابن يونس للرصد، حتى أتم أرصاده وجمعها فى جدوال تعرف فى تاريخ علم الفلك " بالزيج الحاكمي". فبلغ الحاكم أمر ابن الهيثم، وأراد أن يستأثر بفخر إيوائه إليه. وسار أن ابن الهيثم ومعه جماعة من الصناع المحترفين لأعمال البناء بأيّديهم، وتتبع مجرى النيل، وكأنه فى بعثه هندسية بالمعنى الحديث. واستوطن داراً بالقرب من الجامع الأزهر وأقام بالقاهرة إلى أن توفي. كان مورد رزق ابن الهيثم كتابين أو ثلاثة كتب رياضية، منها كتاب الأصول لأقليدس وكتاب المجسطى لبطلميوس، كان ينسخها كل عام فيأتيه من أقاصى البلاد من يشتريها منه.

وأدرك ابن الهيثم، على مستوى طريقة البحث، ضرورة الأخذ بالاستقراء، والأخذ بالقياس(٣٢). والأخذ فى بعض البحوث بالتمثيل، وضرورة الاعتماد على الواقع، على مثل المنوال المتبع فى البحوث العلمية الحديثة. وقد كان بعضهم منقسماً فى كيفية الأبصار قسمين. بعضهم يقول بأن الأبصار هو بخروج شعاع من البصر إلى المبصر. والبعض الآخر يذهب إلى أن الإبصار هو بورود صورة المبصر أو شبحه من المبصر إلى البصر، من دون أن يبين ماهية ذلك الشبح الوارد، أو كيفية وروده. وكل مذهبين، حسب ما عبر ابن الهيثم، مختلفين فإما أن يكون أحدهما صادقاً والآخر كاذباً، وإما أن يكون جميعاً كاذبين والحق غيرهما جميعاً، وإما أن يكونا جميعاً يؤديان إلى معنى واحد هو الحقيقة، ويكون كل واحد من الفريقين الباحثين القائلين بذينك المذهبين قد قصر فى البحث فلم يقدر على الوصول إلى الغاية، فوقف دون الغاية، أووصل أحدهما إلى الغاية وقصر الآخر عنها، فعرض الخلاف فى ظاهر المذهبين وتكون غايتهما عند استقصاء البحث واحدة. وقد يعرض الخلاف أيضا فى المعنى المبحوث عنه من وجهة اختلاف طرق البحث.

ورأى ابن الهيثم أن يستأنف النظر فى مبادئ العلم ومقدماته. بدأ ابن الهيثم فى البحث باستقراء الموجودات، وتصفح أحوال المبصرات وتمييز خواص الجزئيات، واستقراء البصر فى حال الإبصار، وما هو مطرد لا يتغير وظاهر لا يشتبه من كيفية الإحساس. ثم يترقى فى البحث والمقاييس على التدريج والترتيب، مع نقد المقدمات، والتحفظ من النتائج. فقيمة الحقائق العلمية أنها وسائل لا غايات، إذا استعنا فيها بالقياس أدت إلى نتائج. لا يجزم ابن الهيثم جزما قاطعاً بأنها توصل إلى الحقيقة، وإنما يصل الباحث بالتدرج إلى الغاية. ونظفر مع النقد والتحفظ بالحقيقة. إن المعرفة بوجه عام بالإضافة، وليست بنحو مطلق. من هنا فابن الهيثم من فريق الواقعيين الذين يقولون بوجود العالم الخارجى وجوداً فى نفسه، وجوداً يصح أن نسميه "

موضوعياً " وان الحواس أدوات إدراكه. وهو يرى أن الاعتماد فى البحث على الحقائق، لا بد أن يكون أولاً على الأمور الحسية. ولا شك فى أنه يعلم بخطأ الحس بل ويقرر أن العقل يخطئ فى القياس وفيما يسميه " المعرفة " وأقواله فى كيفيه إدراك المبصرات، وعلل أغلاط البصر. وليس هذا المحقق على غاية التحقيق مطلقاً بل هو "بالإضافة إلى الحس ". وقد تخيل ابن الهيثم، تمثيلا لا حصرا، أوضاعاً متوافقة للحركات السماوية. فلو تخيل أوضاعاً غيرها متوافقة لتلك الحركات، لما كان عن ذلك التخيل مانع. لأنه لم يقم البرهان على أنه لا يمكن أن يكون سوى تلك الأوضاع أوضاع أخرى، ملائمة مناسبة لتلك الحركات.

كان السائد فى علم الفلك القديم إلى عصر " كوبرنيكوس " هو نظرية بطلميوس فى حركات الإجرام السماوية. وفى هذه النظرية كانت الأرض تعد مركز العالم. وكانت النجوم الثوابت تعد متحركة حركات مستديرة حول قطب العالم. وكانت الكواكب السيارة يعد الواحد منها متحركاً حول محيط دائرة يتحرك مركزها حركة مستديرة حول الأرض، تلك بإيجاز نظرية بطلميوس وهى التى كان يعول عليها فى علم الفلك القديم. كانت النظرية قبل ابن الهيثم تقتصر فى هيئة الأفلاك على الدوائر المجردة، وابن الهيثم نفسه فى مقالته " فى هيئة العالم " عدلها وذهب إلى القول بتجسم الأفلاك وفصل أحوالها. هذه هى الأوضاع التى كانت تخيلت للحركات السماوية. وهذا التخيل هو النظرية التى كانت متبعة. ويقرر ابن الهيثم أن مثل هذه النظرية لا يوجد برهان يلزمنا بها دون غيرها، ومن الجائز أن نتخيل نظرية أخرى تكون مناسبة لتلك الحركات.

بدأ ابن الهيثم، إذن، بالبحث عن الواقع على ما هو عليه. والأمور الواقعية فى أكثر الأحوال يحتاج لمعرفتها إلى شيء من اتخاذ العدة وتكييف الظروف، أى يحتاج لمعرفتها إلى تعديل وتحوير وتغيير فى الأحوال. إن معرفة الحقائق الأولية فى الأمور الطبيعية تحتاج إلى أجراء ما نسميه الآن تجارب، هى عدة العلم الطبيعى الوحيدة فى الوقت الحاضر لاستقراء الأحكام العامة. وأول ما عنى به ابن الهيثم فى البحث العملى عن كيفية حدوث هذه الأمور هو تنظيم التجارب، التجارب التى أتخذ فيها أجهزة وآلات خاصة. وله اصطلاح خاص عبر به عن معنى "التجريب" فى الاصطلاح الحديث، هو لفظ " الاعتبار ". ويقول عن الشخص الذى يجرب إنه الشخص " المعتبر ". ويقول عن الاستدلال على صحة أمر من الأمور، أى مطابقته للواقع، إنه إجراء " الإثبات بالاعتبار "، تمييزاً له عن الإثبات بالقياس، بل هو أدرك أن " للاعتبار " وظيفتين:

١- استقراء الأحكام أو القوانين العامة ؛

٢- التحقق من صحة نتائجها القياسية.

ومن هنا فقد سبق أن أدرك ابن الهيثم إن الطريق إلى معرفة الحقائق العلمية لا بد أن يكون الاستقراء القائم على المشاهدة أو الاعتبار، ثم لا بد أن توافق نتائجها القياسية الواقع الذى وسيلة معرفته المشاهدة أو

الاعتبار. ولم يكن فى عصر ابن الهيثم معروفاً تماما كيفية إشراق الضوء من القمر. فعلماء الرياضيات والفلك، كانوا يقولون إن ضوء القمر هو ضوء الشمس منعكساً على سطحه كما ينعكس الضوء على سطوح الأجسام الثقيلة كالمرايا مثلاً. فأراد أن يعتبر صحة هذا القول. وأجرى بحثاً هندسياً، متسلسل الخطوات مستوفى البراهين، قدر به الجزء من مساحة سطح القمر، الذى ينعكس عليه إلى نقطة من سطح الأرض الضوء الواقع من الشمس على سطح القمر كله. وذلك على فرض أن سطح القمر كرى محدب. فوجد أن ذلك الجزء هو مساحة صغيرة من سطح القمر لا يتجاوز طولها القوس التى توتر عند مركز القمر زاوية قدرها ٣٤ دقيقة، ولا يتجاوز عرضها القوس التى توتر عند مركز القمر زاوية قدرها ١٧ دقيقة. وأثبت أن هذا الجزء الصغير يقع من سطح القمر على الجزء المقابل للنقطة المفروضة على سطح الأرض وحوالى الجزء الأوسط منه، وبما أن هذه النتيجة التى أثبتها بالبرهان الهندسى ليست واقعية، فليس يكون الضوء المشرق من القمر هو كما يقول الرياضيون، ضوء الشمس منعكساً كما ينعكس على سطوح الأجسام الثقيلة، وقد راعى فى هذا البحث تأثير الانعطاف أيْضاً. على هذه الصفة أبطل تلك النظرية وأقام على أنقاضها نظرية فى ضوء القمر هى أن ضوء القمر هو ضوء ثانوى أو عرضى يشرق من سطح القمر المستضيء بالضوء الذاتى المشرق من الشمس، كما يشرق الضوء من جسم كثيف معتاد إذا وضع بالقرب من جسم مضيء بذاته، وليس هو ضوء منعكس بالمعنى الخاص بالانعكاس.

فابن الهيثم لا يكتفى عند شرح " الاعتبار " بوصف الآلة أو الجهاز وبوصف كيفية أجراء "الاعتبار" بل يأتى بشرح لكيفية صنع الجهاز بل الأجزاء المختلفة للجهاز الواحد، من المواد الخام التى تصنع منها. فجهازه الذى اعتبر به فى الانعكاس، وجهازه الذى اعتبر به فى الانعطاف، يختلف كل منهما اختلافاً جوهرياً عن نظيره الذى ذكره بطلميوس فى كتابه فى المناظر. ولا شك ان كلا من جهازى ابن الهيثم أكثر تعقيداً من نظيره من جهاز بطلميوس. وضع مثل هذه الأجهزة فى عصر لم يكن مزوداً بمثل الآلات والعدد الميكانيكية المعروفة الآن، بالمقاييس والأبعاد والتدريجات المضبوطة.

ولتعقد أجهزته الأساسية سبب، والسبب وجيه فنحن كثيرا ما يكفينا فى الوقت الحاضر عند توضيح قانونى الانعكاس مثلا اعتبار بسيط نقنع فيه بانعكاس ضوء الشمس مثلا عن سطح مرآة أو صفيحة مصقولة مستوية ولنا شيء من العذر. فقد أصبح قانونُ الانعكاس من الأمور المألوفة التى يتلقاها التلاميذ كما يتلقى صغارهم أن الأرض كروية مثلاً. ولأننا نتوقع أن المبتدئ بدراسة علم الضوء سيعرض عليه فى أثناء دراسته أمر الانعكاس عن المرايا الكروية مثلاً، وسيقال له أن الجزء الصغير من السطح الكروى أو بوجه عام من السطح المنحني، هو بمثابة جزء صغير من سطح مستوي، وإذن يكون حكم الانعكاس عن الأول كحكم الانعكاس عن الثاني، أو كما يقال. ولكن مثل هذا التصرف لا يليق فى عصر كانت هذه الأمور فيه إما موضع أخذ ورد،

وإما لا تزال فى عالم الغيب، وليس يليق بمن كلف نفسه مشقة البحث عن حقائق هذه الأمور، إلا أن يستقصى أكثر ما يمكن من الأحوال. فضوء الشمس قد ينعكس على صفة معينه من السطح المستوى الصقيل، ولكن ما يدرينا أنه ينعكس على هذه الصفة نفسها عن السطح الكروى أو الأسطوانى أو المخروطى المحدب والمقعر ؟ وإن ثبت أن ضوء الشمس ينعكس على هذه الصفة عن هذه السطوح فما يدرينا أن ضوء النار أوضوء القمر أوضوء النهار أو الضوء المشرق من جسم كثيف مستضيء بالضوء المشرق من جسم مضيء بذاته، أو ما إلى ذلك، ينعكس عن هذه السطوح جميعاً على الصفة نفسها ؟ هل من سبيل إلى معرفة ذلك إلا بالاعتبار بهذه الأضواء جميعاً وبهذه السطوح الثقيلة جميعاً ؟

أدرك ابن الهيثم أن الاستقراء ناقص بطبيعته، فيصرف الاهتمام إلى تصفح أكثر ما يستطيع من الأحوال، عسى أن يتضاءل احتمال الخطأ فى نتيجة الاستقراء. فأن وجدنا جهازه فى الانعكاس مثلاً معقداً فلأنه أراد أن يكون الجهاز صالحاً للاعتبار بوساطته لا بمرآة واحدة مستوية بل بالمرايا السبع. وللاعتبار لا بضوء الشمس وحده بل بالأضواء المختلفة. أخذ ابن الهيثم إذن بالاستقراء والقياس معا. كذلك أخذ ابن الهيثم بالتمثيل أو الانالوجي. فهو فى دراسة الانعكاس لم يكتف بالكشف عن أحكام الانعكاس وباستنباط نتائجها القياسية، بل حاول أن يضع للانعكاس نظرية يبين بها " لمبة الانعكاس " أى لم ينعكس الضوء على الصفة التى ينعكس عليها ؟ وكانت نظريته فى ذلك التمثيل للانعكاس بمثال ميكانيكي. وبدأ يشرح ما يحدث إذا كرة صغيرة صلبة ملساء متحركة لقيت جسماً صلباً يمنعها من الاستمرار فى حركتها على السمت الأول، وقاس على هذا المثال الميكانيكى انعكاس الضوء، وان كانت أقوال ابن الهيثم من الناحية الميكانيكية فى نظرى على جانب عظيم من الخطر، فلا يسمح المجال اليوم بتفصيل الأمر، يكفينى أن أقول أنها تنطوى على معانٍ تتعلق بعلم الميكانيكا لم يصل إلى علمى أن أشار إليها أحد، أذكر منها الفكرة التى ينبنى عليها تعريف نيوتن لمعامل الارتداد، وأذكر منها فكرة " كم " عبر عنه ابن الهيثم بقوله " قوة حركة الجسم " يتركب معناه من معنى " ثقيل " الجسم، ولنقل نحن كتلته، ومن " حركته " ولنقل سرعته، واذكر منها فكرتى تحليل السرعة إلى مركبتين، وتركيب السرعة من مركبتين.

وأخذ ابن الهيثم بالتمثيل لانعكاس الضوء بهذا المثال الميكانيكى من الواضح انه سبق نيوتن إلى نظريته إلى وضعها فى انعكاس الضوء، ولكنه لم يتقيد كما تقيد نيوتن برأى معين فى ماهية الضوء، بل اكتفى بالتمثيل. وموقفه شبيه بموقف فريق من كبار علماء الطبيعة فى أواخر القرن التاسع عشر، وهم " أصحاب المثل " أو" أصحاب النماذج " لأنهم كانوا يرون أن تقوم بجانب النظريات فى الأمور الطبيعية، نماذج تمثيل بالمحسوسات، وكان إمكان تصور نموذج أو مثال ميكانيكى على هذه الصفة يتخذ لديهم دليلاً يعاضد إلى حد ما صدق النظرية.

ابن الهيثم، إذن، عالم بمعنى " العالم " الاعتباري-التجريبي. فقد حان أوان الأوضاع التاريخية لهذه الأمور ومسألة ابن الهيثم التى عرفت عند أهل أوروبا بمسألة " الهازن " والتى يتلخص موضوعها، فى أنه إذا فرض سطح عاكس، وفرض أمامه نقطتان، فكيف تعين النقطة على السطح العاكس التى إذا وصلت بالنقطتين، كان المستقيمان الواصلان أحدهما بمنزلة الشعاع الساقط والآخر بمنزله الشعاع المنعكس، هذه المسألة سهلة بسيطة إذا كان السطح العاكس مستوياً، بل هى سهلة بسيطة أيْضاً فى بعض الأحوال الخاصة فى حالات السطوح الكروية والأسطوانية أو المخروطية المحدبة أو المقعرة، هذه المسألة كان ابن الهيثم أول من استطاع أن يضع لها حلولاً هندسية مدعمة بالبراهين. يكفينى أن أقول أنه قد تبين لى أن مواضع منها لم تفهم على حقيقتها. شغلت عقول كثير من علماء الرياضيات بعد عصر النهضة مثل " هويجينز " بل كان " باروز " أستاذ الرياضة الذى تتلمذ عليه نيوتن فى كمبردج يذكرها فى محاضراته، وإن تجاوز حدود الاعتدال فى نقد " الهازن " لتعقد براهينه الهندسية.

ولم يسم إلى تصوره حتى " كبلر " وحتى " ديكارت " ذلك أن للضوء سرعة محدودة. أى أنه ينتقل فى زمان. بل وأن سرعته فى الوسط المشف الألطف أعظم من سرعته فى الوسط المشف الأغلظ، وهو الصحيح، وهو النقيض مما تؤدى إليه النظرية التى وضعها على نتيجة الاعتبار، وما كان له أن يثبت " بالاعتبار " هذا الأمر. وهو رأى يؤدى إليه إلا نموذج الميكانيكى الذى صور به حدوث الانعكاس، وهو رأى يتفق واتجاهه فى بيان لمبة الانعطاف على أساس فكرة هى فى ذاتها فكرة جليلة جديرة بالتقدير وهى أن الضوء عند الانعطاف من مشف فى آخر، يختلف عنه فى الشفيف، يسلك السبيل الذى عليه الحركة " أسهل وأقوى ".

وأراد ابن الهيثم أن يثبت بالبرهان أن الضوء ينتقل فى الزمان. وأراد أن يكون برهانه برهان الخلف ففرض ثقباً يصل منه الضوء إلى جسم مقابل للثقب، وفرض وفقاً لعبارته الواردة بلفظه " أن يكون الضوء يحصل فى جميع الهواء المتوسط بين الثقب وبين الجسم المقابل للثقب دفعة واحدة. ويكون جميع الهواء يقبل الضوء دفعة لا جزءاً منه (أى من الهواء) بعد جزء " وحاول تطبيق برهان الخلف، لكى يثبت أن هذا الفرض يؤدى إلى خلف، وإذن فهو محال، ولكن التوى عليه القصد. وفكرة " سبيل أسهل الحركات " فى الانعطاف لم ترد بالوضوح الذى أوردها به من بعده " فِرما " فى قاعدته التى تعرف بقاعدة أقصر الأوقات.

والفكرة الأولية أن للضوء وجوداً فى نفسه وأنه هو المؤثر الذى يحدث الإحساس البصري، هذه الفكرة التى تعد الآن من بداهات علم الضوء لم تكن واردة قبل ابن الهيثم. وكان اقليدس وبطلميوس والرياضيون جميعاً متفقين فى أن الإبصار هو بخروج شعاع من البصر إلى المبصر، كأن العين يمتد منها شيء حتى يلمس المبصر، ومتى يلمس هذا الشيء الممتد من العين المبصر وقع الإحساس. فهذا الشعاع الخارج من

البصر هو فى زعمهم نظير ما يسميه علماء الأحياء فى الحشرات " قرون الاستشعار ". فأنه لصداها الذى يدوى فى فكر " ديكارت " إذ يشبه الإنسان وهو يبصر المبصرات بعينيه الاثنين بالكفيف الذى يتحسس المحسوسات من حوله، بعصاتين يمسكهما فى يديه، فالذى ينعكس أو ينعطف عند أقليدس أو عند بطلميوس أو عند غيرهما من الرياضيين، ليس هو الضوء بالمعنى الذى نفهمه، بل هو" قرون الاستشعار " الخارجة من العين فى زعمهم ويسمونه " الشعاع ". وإذا خرج هذا الشعاع من العين ووقع على سطح مرآه ثم انعكس ولمس بعد انعكاسه مُبْصَراً أبصرته العين بالانعكاس وإذا هو خرج من العين ونفذ فى الهواء ولقى مشفا غير الهواء وانعطف فيه، ثم لمس بعد الانعطاف مُبْصَراً أبصرته العين بالانعطاف.

وكان موقف ابن الهيثم موقف من يتساءل، هل الأضواء جميعاً سواء منها المشرق من الأجسام المضيئة بذاتها أو المشرق من الأجسام المستضيئة بغيرها تمتد فى الجسم المشف الواحد على السموات المستقيمة ؟ وان كان الأمر كذلك هل من سبيل إلى القول بأن الأبصار يكون بورود الضوء المشرق من المبصر إلى البصر ؟ يرد من كل نقطة من المبصر إلى جميع سطح البصر فكيف يتسنى للبصر أن يدرك المبصر بأجزائه المختلفة وألوانه ونقوشه وتخطيطاته، كما هو عليه فى الواقع معاً دون أن تختلط صورها أو تشبهه ؟ وإذا كان الإحساس يحدث فى داخل البصر ؟ بل كيف يتسنى أن يدرك بعده، وعظمه وشكله وتجسمه وما إلى ذلك ؟ وكيف يعرض ما يعرض أحيانا بالنظر بالعينين الاثنتين ؟ هل الأضواء جميعاً تنعكس على صفة واحدة؟ وان كان الأمر كذلك فَمَا هى هذه الصفة العامة التى تنعكس عليها الأضواء جميعاً ؟ وبعد هل من سبيل إلى القول بأن إدراك المبصر بالانعكاس هو بورود الضوء المشرق منه إلى العين بعد انعكاسه. أيّن يقع موضع الخيال الذى يري؟ ما هى صفاته ؟ هل الأضواء جميعاً تنعطف على صفة واحدة؟ ما هى هذه الصفة؟ هل من سبيل إلى القول بأن أدراك المبصر بالانعطاف هو ورود الضوء المشرق منه إلى العين بعد انعطافه؟ أيّن يقع موضع الخيال ؟ ما هى صفاته ؟ يجب القول بشكل واضح أن ابن الهيثم أقر ببطلان نظرية "الشعاع البصري"، وأنه اعتبر أن الضوء يأتى من الجسم المبصر إلى داخل العين فيحصل الإحساس بالجسم.

٢-٢- التحليل والتركيب عند ابن الهيثم

إن العلم، حسب ما يقول ابن الهيثم فى مستهل مقالة "التحليل والتركيب" التى حققها رشدى راشد وشرح عليها وترجمها وعلق عليها تعليقا تاريخيا ورياضيا وفلسفيا، إذن له غاية[٣٣]. وغاية الرياضيات هى استخراج المجهولات من جزئياتها وتدل البراهين على حقائق معانيها. والذروة فى طلبها الظفر بالبراهين التى تستنبط بها مجهولاتها. والبرهان هو القياس الدال على صحة نتيجته. وهذا القياس هو مركب من مقدمات يعترف الفهم بصدقها، ومن نظام وترتيب لهذه المقدمات يضطر سامعه إلى تيقن لوازمها.

وطريق هذه المقاييس هو تتبع البحث عن مقدماتها وتمحل الحيل فى تطلبها وتطلب ترتيبها والصناعة التى بها تصيد هذه المقدمات وبها يتوصل إلى الترتيب المؤدى إلى المطلوب من نتائجها تسمى التحليل. وبحث ابن الهيثم هو فى التحليل والتركيب، بنحو خاص، لكنه هو البحث فى وحدة الرياضيات بوجه عام. فما خرج إلى الوجود من الرياضيات بوجه إنما خرج بالتحليل. وقد كانت مقالة إبراهيم ابن سنان ابن ثابت ابن قرة (بغداد ٢٩٦هـ / ٩٠٩م-بغداد ٣٣٥ هـ / ٩٤٦ م)، "فى طريق التحليل والتركيب فى المسائل الهندسية" ومقالة الحسن بن الحسن ابن الهيثم "فى التحليل والتركيب" أبرز البحوث الرياضية السابقة على الكتابات الرياضية الصادرة فى منتصف القرن السابع عشر الميلادى فى أوروبا، التى درست مسألة التحليل والتركيب بنحو منظم. ومثلت المقالتان -مقالة بن سنان وبن الهيثم- تحولا عن البحث "المختصر" الفلسفي، الرياضي، والطبي، اليوناني، السائد منذ القرن الرابع قبل ميلاد السيد المسيح، إذ خلف "أقليدس المنحول" بضعة سطور عن موضوع التحليل والتركيب، فى فقرة منحولة موضوعة بعد القضية الخامسة من الكتاب الثالث عشر من "الأصول" لأقليدس، وخلف بابوس شذرة قصيرة وبرقليس نصا مختصراً. وليس من شك أن أرشميدس، وأبولونيوس وديوفنطس، وغيرهم من الرياضيين اليونان القدماء، عرفوا لفظى التحليل والتركيب، لكن أحدا من الرياضيين الإغريق لم يشرع فى تفسير التحليل والتركيب. فهناك فرق بين تطبيق المنهج وصياغة المنهج نفسه. ومن هنا فقد اقتصر أرشميدس على تسمية مراحل المنهج، وفسر بابوس وبرقليس محتوى المنهج، وأشارا إلى أسلوب التطبيق وإمكاناته. وحاول بابوس عرض للمنهج الذى اتبعه أقليدس، وأريست القديم، وأبولونيوس، وذكر بمعنى التحليل والتركيب، وانعكاساتها، وبالفرق بين التحليل النظرى والتحليل الإشكالي، ثم أورد شروط التطبيق. ولم يتجاوز بابوس حدود الصفحة الواحدة للعرض لكل هذه الأمور. من هنا كان صراع التفاسير حول بابوس الاسكندراني. والشهادة الوحيدة الدالة على معرفة العرب بذلك هو نص مختصر تماما من كتاب الصناعة الصغيرة لجالينوس فى التحليل والتركيب"، حيث استعاد جالينوس تعريف التحليل والتركيب. على أن رشدى راشد قد بين أن الرياضيين والفلاسفة الرياضيين قد استعادوا هذا المحور فى أثناء التفكير فى هذا العلم أو ذاك من علوم الرياضيات. فهناك "كتاب أبى الحسن ثابت بن قرة (ت٩٠١) إلى ابن وهب فى التأتى لاستخراج عمل المسائل الهندسية". وإذا كان بن قرة لم يذكر لفظى التحليل والتركيب، فإنه كتب فى مجال مجاور لمجال التحليل والتركيب. أما الفارابي، فإذا كان قد أوردهما بنحو عابر فى "إحصاء العلوم"، فإنه كان واضحا فى تفسيره لهما فى "كتاب الموسيقي". ووسع البحث فى التحليل والتركيب فى القرن العاشر الميلادي، البحث فى اتجاهات بحثية ثلاث :

تجميع المسائل ومقاربتها إما مقاربة تحليلية وتركيبية إما مقاربة تحليلية أو تركيبية (بن سنان، بن سهل، السجزي)؛

الكتب التعليمية فى تقديم التحليل والتركيب. وذلك كان شأن "كتاب فى التحليل والتركيب الهندسيين على جهة التمثيل للمتعلمين، وهو مجموع مسائل هندسية وعددية، حللتها وركبتها"، وهو الكتاب المفقود للفيلسوف- الرياضى محمد بن الهيثم، وهو ليس الحسن بن الهيثم؛

كتابات فى التحليل والتركيب للباحثين فى الرياضيات (بن سنان، بن الهيثم، السجزي). فأما الهندسة فقد يستخرج بها المجهول من غير حاجة إلى تحليل المعلومات إلى بسائطها، وللسموأل، بن يحيى بن عباس المعروف بالمغربى (ت نحو عام ٥٧٠ هـ / ١١٧٥ م) مقالة فى هذه المسألة. وهو كتابات تتجه لا إلى الطالب فى الرياضيات، إنما إلى الرياضيين المختصين والمشغولين بأسس الرياضيات، وبنظرية البرهان. فالأمثلة التى ضربها بن الهيثم مقتبسة من البحث الرياضى المتقدم، كما فى مثال مسألة أبولونيوس عن عمل دائرة مماسة مشتركة لثلاثة دوائر معطاة.

إذن عاد التحليل والتركيب، الذى كانا محور البحث الرياضي، والمنطقي، والفلسفي، لدى الرياضيين المتقدمين، ولدى الرياضيين القدماء، عاد التحليل والتركيب فى القرن التاسع الميلادى والقرن العاشر الميلادي، ليحتلا مركز البحث الرياضي، وذلك فى وقت ابتعد فيه الرياضيون عن الرياضيات الهلنستية، من خلال الجبر ومجالات الهندسة الجديدة مثل الإسقاطات والتحويلات. لكن كان مشروع بن الهيثم فى التحليل والتركيب مختلفا عن أسلافه، بن سنان، ثابت بن قرة، السجزي. كان مشروعه هو التأسيس للصناعة العلمية وقواعدها ومعجمها. قسم ابن الهيثم "التحليل" إلى أقسامه وذكر قواعده وتفصيله إلى جزيئاته وعين على جميع ما يفتقر إليه التحليل من الأصول. وأورد بن الهيثم فى مقالته للمرة الأولى لفظ "صناعة" (*TECHNE, ARS*) التحليل. وأتم تقليده الرياضي، فى هذا الميدان، كما فى الميادين العلمية الأخرى.

٢- ٣- نظرية التحليل

استهل ابن الهيثم "مقالة التحليل والتركيب" بالتذكير بأن الرياضيات تقوم على البراهين[٣٤]. والبرهان *DEMONSTRATION* هو القياس الدال بالضرورة على صحة نتيجته. وهذا القياس هو مركب من مقدمات صادقة وصحيحة ومن نظام وترتيب لهذه المقدمات. وطريق الظفر بهذه المقاييس هو تصيد مقدماتها وتمحل الحيل فى تطلبها وتطلب ترتيبها. والصناعة *TECHNE, ARS* التى بها تصيد هذه المقدمات وبها يتوصل إلى الترتيب القائد إلى المطلوب من نتائجها، تسمى صناعة *TECHNE, ARS* التحليل. بهذا المعنى ترقى صناعة *TECHNE, ARS* التحليل إلى مرتبة صناعة برهانية *ARS DEMONSTRANDI*. وحدد مشروعه بالبحث فى "صناعة الابتكار" *ARS INVENIENDE* أو استخراج المجهولات من الرياضيات وكيفية "تصيد" البحث

عن المقدمات التى هى مواد البراهين الدالة على صحة ما يستخرج من مجهولاتها، وطريق التوصل إلى ترتيب هذه المقدمات وهيئة تأليفها، وبين ابن الهيثم كيفية هذه المقدمات وعكس ترتيبها الذى هو البرهان، وهو الذى يسميه باسم "التركيب"، وإنما سماه تركيباً لأنه تركيب المقدمات المستنبطة بالتحليل وهو التركيب القياسي. فى ضوء ذلك، صاغ بن الهيثم، للمرة الأولى، التحليل والتركيب، صياغة صناعية، بوصفهما صناعتى البرهان والكشف. لا بد للمحلل من أن يعرف أصول *PRINCIPES* الرياضيات. لا بد أن تنهض هذه المعرفة على "المهارة"*INGENIOSITE*، وكل صناعة *TECHNE, ARS* سواء أكانت تحليلية أو تركيبية، فليس تتم لصانعها إلا بحدس *INTUITION*. والحدس إنما هو ضرورى فى التحليل إذا لم يكشف المحلل فى موضوع المسألة عن خواص معطاة متى ركبت أنتجت المطلوب، فعند هذه الحال يحتاج المحلل إلى الحدس، والذى يحتاج إلى الحدس عليه هو زيادة يزيدها فى الموضوع لتحدث بزيادتها خواص للموضوع مع الزيادة تؤدى إلى الخواص المعطاة. وهذه المعرفة الضرورية بالأصول هى موضوع علم يبحث فى الأسس الرياضية، ويبحث فى المعلومات. ولا بد من "عملها". وكان بن الهيثم أول رياضى يؤسس صناعة التحليل على علم رياضى متميز، هو علم "المعلومات". وهو العلم الذى أفرد له بحثا مستقلا يحمل عنوان "مقالة للحسن بن الحسن بن الهيثم فى المعلومات"، وقد حققه رشدى راشد وترجمه وشرحه[٣٥]. وذكره بن الهيثم فى مقالة التحليل والتركيب. وسجل رشدى راشد أن بن الهيثم يدرس مسألة الأصول أو قوانين التحليل، فى مقالة التحليل والتركيب، كما فى مقالة "المعلومات"، و"قول للحسن بن الحسن بن الهيـثم فى تربيع الدائرة"[٣٦]. وأما قوانين *LOIS* صناعة التحليل وأصولها *FONDEMENTS*التى بها يتم الكشف عن الخواص وتصيد المقدمات، فهى من أصول *BASES* الرياضيات التى قدم ابن الهيثم القول بأن التحليل لا يقوم إلا على العلم بالمعلومات. فهى المعانى *NOTIONS* التى تسمى المعلومات. فالمعلوم الكلى هو المعلوم "الثابت" *INVARIABLE*. وإذا لم تكن له حقيقة معينه ومشار إليها هى مائيته فليس يصح أن يعلم لأن كل ما نعلم منه، فهو يحتمل أن يتغير عما هو عليها، فليس يكون الشيء معلوماً إلا إذا كان "ثابتاً" *INVARIABLE* على حال واحدة هى مائيته التى تخصه. فالمعلوم هو الذى "لا يتغير" *INVARIABLE*، وإذا قد استقرت مائية المعلوم، فيشرح كل واحد من المعانى المعلومة التى تقدم ذكرها التى هى مواد التحليل.

٢-٤-صناعة التحليل والعلم الجديد : "المعلومات"

فى مقالة التحليل والتركيب، يقول بن الهيثم إن كتاب أقليدس المترجم، "بالمعطيات"، يشتمل على معانٍ عدة من هذه المعلومات هى من أدوات التحليل، وأكثر التحليل يقوم على تلك المعاني، إلا أنه قد بقيت معان أخرى من المعلومات الضرورية فى التحليل ويفتقر أليها فى جزئيات عدة مستنبطة بالتحليل لم يتضمنها كتاب

أقليدس ولا وجده ابن الهيثم فى شيء من الكتب السابقة عليه. وبين الهيثم فى كتاب أقليدس المترجم "بالمعطيات" ما يستعمله من المعلومات فى أمثلة التحليل من مقالة "التحليل والتركيب" مما هو ورد فى الكتب السابقة ومما لم يذكر، ويلخص ابن الهيثم كل واحد من المعانى *NOTIONS* المعلومة. خصص بن الهيثم إذن للمعلومات بحثاً مستقلاً، وحققها رشدى راشد وترجمها وشرحها. ومن بعد فراغه من مقالته فى التحليل والتركيب، بين بن الهيثم فيها مائيات معانى *NOTIONS* الرياضيات. فى مقالة التحليل والتركيب يعرض بن الهيثم للمعلومات الضرورية للتحليل والتركيب، و"فى تربيع الدائرة" يعرض للمعلومات الضرورية فى البحث فى تربيع الدائرة، أما فى "المعلومات"، فيعرض للمعلومات فى نفسها.

وفى "مقالة المعلومات". أورد بن الهيثم مقدمة عرض فيها لنظريته فى "المعانى المعلومة" *NOTIONS CONNUES*، ثم بحث فى القسم الأول(٣٧) عن "المعانى *NOTIONS* التى لم يذكرها أحد من المتقدمين ولا ذكروا شيئا من جنسها"، ثم بحث فى القسم الثانى والأخير(٣٨) فى "جنس ما ذكره أقليدس فى كتاب "المعطيات" *Données*، إلا أنه ليس شيء منه فى كتاب "المعطيات". وليس لفظ "المعلوم" لفظا جديدا إنما هو عائد إلى أقليدس العربي. وترجم حنين بن اسحق لفظ *dedomena* بلفظ "المعلوم" ثم جرت عادة الرياضيين فى استعماله على هذا النحو. ومعلوم، لدى بن الهيثم، هو المعنى الذى لا يتغير سواء اعتقد فيها معتقد أم لا. ومن جهة أخرى، يضيف بن الهيثم فرقا آخر يشبه هذه المرة لا أفلاطون إنما أرسطو، وهو الفرق بين المعلوم بالفعل والمعلوم بالقوة(٣٩)، والاثنان معلومان فعليان، لكن الفرق يكمن فى أن المعلوم بالقوة فى انتظار اعتقاد معتقد يعتقد فيه. والمسألة الموروثة عن أسلافه منذ بنى موسي، والتى أنضجها وأثراها، هو التأسيس لثبات أو حركة كائن هندسى متغير أو متحرك. والهندسة التى كانت لا تدرس الحركة ولا التحولات، كانت لا تدرس كذلك هذه المسألة. لكن الأمر تغير من بعد إضافة الحركة والتحويلات الهندسية، كما أدخل أسلاف بن الهيثم وبن الهيثم نفسه. فهذا الذى ذكره ابن الهيثم، فى بحثه عن التحليل والتركيب، هو جميع أقسام المعلومات فى التحليل، وجميع المعلومات التى ذكرها أقليدس فى كتابه المسمى باسم "المعطيات" تدخل فى جملة هذه الأقسام التى ذكرها ابن الهيثم، وفيما ذكره ابن الهيثم شيئا لم يذكره أقليدس، ألا وهى الأشياء المعلومة الوضع المتحركة. وقد بقى من بعد هذه الأقسام معنى آخر لم يذكره أحد من المتقدمين ولم يجده ابن الهيثم فى أعمال الأسلاف. فالمعلوم الوضع هو الذى لا يتغير وضعه. وقد كان الوضع لدى أقليدس واحدا لا يتغير بل يتحدد تحديدا مطلقا. فأما ما هو الوضع فهو النصبة أو*Tesis* اليونانى القديم، والنصبة تتقوم بالقياس إلى شيء موضوع. والوضع يكون فى الجسم ويكون فى السطح ويكون فى الخط ويكون فى النقطة. فالوضع فى الجسم ينقسم قسمين:

١) القسم المضاف إلى شيء ثابت، وهو الذى لا ينتقل ولا يتحرك بضرب من ضروب الحركات. فالجسم المعلوم الوضع المضاف إلى شيء ثابت هو الذى يكون بعد كل نقطة منه من النقط الثابتة الموجودة فى الشيء الثابت بعداً واحداً لا يتغير، وهذا القسم هو الذى يسمى معلوم الوضع بوجه مطلق؛

٢) القسم المضاف إلى شيء متحرك هو الذى يكون بعد كل نقطة منه من كل نقطة من ذلك الشيء المتحرك بعداً واحداً لا يتغير. فيلزم من ذلك أن يكون المعلوم الوضع الذى بهذه الصفة، متى تحرك الشيء الذى هو مضاف إليه. تحرك ذلك الجسم المعلوم الوضع حركة مساوية لحركته. ويكون أبعاد ما بين كل نقطة منه وبين كل نقطة من الشيء الذى يضاف أليه هى الأبعاد بعينها التى كانت بينهما، كالجزء المعين من أجزاء الجسم المتحرك، وكالعضو المعين من أعضاء الإنسان، فإن أبعاد الجزء المعين من أجزاء الجسم ليس تتغير أبعاد كل نقطة منه من كل نقطة من بقيه أجزاء ذلك الجسم، ومع ذلك فإن ذلك الجسم إذا تحرك ذلك الجزء بحركته، وأبعاد كل نقطة من ذلك الجزء من كل نقطة من بقيه ذلك الجسم أبعاد واحدة بأعيانها ثابتة. وهذا القسم يسميه ابن الهيثم باسم "المعلوم الوضع بالقياس ". ولا يمكن أن يشار إليه إلا ويشار إلى الشيء الآخر الذى هو معلوم الوضع عنده مع الإشارة أليه. وقد أدخل بن الهيثم الحركة بوضوح للكلام على الوضع، وهو الأمر الذى لم يكن بإمكان أقليدس أن يذكره. فإذا كانت المعلومات تشير لدى أقليدس إلى الوضع، والصورة، والمقدار، بوصفها خواص جوهرية للأشكال فى هندسة لا تدرس سوى الأشكال، فإن المعلومات لدى بن الهيثم، تشير إلى الخواص نفسها، لكن إلى خواص الأشكال والمواضع، التى تتحرك حركة متصلة أو التى تتحول تحويلات هندسية معينة. وبالتالى فقد بحث بن الهيثم وأسلافه المباشرين فى جنس ما ذكره أقليدس فى كتاب "المعطيات" *Données*، إلا أنهم صاغوا تصور الموضوع الهندسى وتصور المكان، على نحو لم يرد فى كتاب "المعطيات".

كان البحث الهندسى لدى أقليدس يتعلق بخواص الأشكال وحدها، أما لدى بن الهيثم وأسلافه المباشرون، فقد بدءوا فى البحث فى النسب بين الأشكال فى المكان، ولذلك كتب بن الهيثم بحثه "فى المكان"[٤٠]. وصارت المسألة إذن هى مسألة التأسيس لتصور "المعلوم"، ومسألة البحث فى الخواص الثابتة للشكل، والمكان، والموضوع الهندسي، المتحرك أو المتحول. ولم يقدر بن الهيثم ولا من جاءوا من بعده، وعلى مدار ثمانية قرون، أن يجيبوا جوابا رياضيا على هذا السؤال الرياضي. وأجاب الرياضيون جوابا فلسفيا على ذلك السؤال الرياضي.

من هنا أحال بن الهيثم إلى المعلوم العدد، والمعلوم القدر، والمعلوم النسبة (العددى والغير العددي)، والمعلوم الوضع، والمعلوم الصورة :

- إن المعلوم العدد هو الذى لا يتغير عدده، والعدد هو وحده أو جمله مركبة من وحدات، فالمعلوم العدد هو الذى وحداته لا تتغير، أى لا تزيد ولا تنقص.

- المعلوم القدر هو الذى لا يتغير مقداره لأن المعلوم هو الذى لا يتغير. والمعلوم من الشيء المعلوم القدر هو مقداره، فالمعلوم القدر هو الذى لا يتغير مقداره. والمقادير تنقسم قسمين طبيعية وخيالية. فالمقادير الطبيعية هى الأجسام المحسوسة وسطوحها وأبعادها التى هى أطوالها وعروضها وأعماقها. والمقادير الخيالية هى الأبعاد المنتزعة بالتخيل من المقادير المحسوسة، وهذه الأبعاد هى الخط والسطح والجسم التعليمي. وقد حدد هذه المعانى فى كتابه فى شرح مصادرات كتاب أقليدس، ومع ذلك فإن هذه المعانى هى مشهورة عند المهندسين، وشهرتها تغنى عن تحديدها فى هذا الموضوع فالمعلوم القدر هو الذى لا يتغير مقداره، والمقدار هو البعد أو الأبعاد، فالمعلوم القدر هو الذى لا يتغير بعده أو أبعاده، أى لا يزيد بعده أو أبعاده ولا ينقص.

- المعلوم النسبة هو الذى لا يتغير نسبته. والنسبة هى قياس كمية المنسوب إلى كمية المنسوب إليه، وليس تكون النسبة إلا فى مقدارين من نوع واحد ويجتمعان تحت حد واحد. والنسبة تكون فى نوعين هما العدد والمقادير. فأما النسبة التى فى العدد الذى هو أكثر من واحد فإنها ترجع كلها إلى أصل واحد وهو أن أحد العددين يكون أجزاء من العدد الآخر إن نسب الأصغر إلى الأعظم وأن نسب الأعظم إلى الأصغر، وإن نسب المتساويان أحدهما إلى الآخر كان كل واحد منهما أجزاء من الآخر مع تساويهما، وذلك أ، كل واحدة من الوحدات التى فى العدد هى جزء من العدد الآخر، وكل عدد أكثر من واحد فهو وحدات مجتمعة، وكل عدد فهو أجزاء من كل عدد، فكل عددين فإن أحدهما أجزاء من الآخر، فالمعلوم النسبة من الأعداد هما العددان اللذان لا تتغير أجزاء أحدهما من الآخر، أى لا تزيد وحدات كل واحد منهما ولا تنقص. فأما النسبة التى فى المقادير فإنها تنقسم قسمين :

  - نسبة عددية تكون بين مقدارين هى التى تكون نسبة أحد مقداريها إلى الآخر كنسبة عدد، والتى نسبة أحد مقداريها إلى الآخر كنسبة عدد إلى عدد هى التى يكون أحد مقداريها جزءاً من الآخر أو أجزاء من الآخر أعنى أنه يمكن أن نقسم كل واحد منهما بأقسام

متساوية ويكون كل واحد من أقسام أحدهما مساوياً لكل واحد من أقسام الآخر، أو يكون أحدهما بقدر الآخر؛

- نسبة غير عددية هى التى لا يمكن فيها نسبة أحد مقداريها إلى الآخر كنسبة عدد إلى عدد هى التى يكون أحد مقداريها جزءاً من الآخر أو أجزاء من الآخر أعنى أنه يمكن أن نقسم كل واحد منهما بأقسام متساوية ويكون كل واحد من أقسام أحدهما مساوياً لكل واحد من أقسام الآخر، أو يكون أحدهما بقدر الآخر.

وتنقسم النسبة المعلومة التى بين مقدارين قسمين :

- أن يكون نسبة أحد المقدارين إلى الآخر كنسبة عدد معلوم إلى عدد معلوم ؛
- أن يكون نسبة أحد المقدارين إلى الآخر كنسبة مقدار معلوم يمكن أن يوجد ويعين عليه إلى مقدار معلوم يمكن أن يوجد ويعين عليه.

وقد يمكن أن يجمع القسمان تحت هذا القسم فيقال : أن النسبة المعلومة التى تكون بين مقدارين هى التى تكون نسبة أحد مقداريهما إلى الآخر كنسبة مقدار معلوم يمكن أن يوجد ويعين عليه إلى مقدار معلوم يمكن أن يوجد ويعين عليه، لأن كل مقدارين نسبة أحدهما إلى الآخر كنسبة عدد معلوم إلى عدد معلوم، فقد يمكن أن يوجد مقداران على نسبتهما. فالنسبة المعلومة التى بين مقدارين هى التى يمكن أن يوجد مقداران معلومان على نسبة مقداريها. وإذا وجد مقداران معلومان على نسبة مقدارين، فالنسبة التى بين ذينك المقدارين ليس تتغير، لأن المقدارين المعلومين اللذين يوجدان ليس يتغيران لأنهما معلومان.

وكذلك السطوح المعلومة الوضع تنقسم قسمين وحالها فى أوضاعها كحال الأجسام لا فرق بينهما:

- القسم المضاف إلى سطوح أو خطوط أو نقط ثابتة؛
- القسم المضاف إلى سطوح أو خطوط أو نقط متحركة، فيكون هذا السطوح متحركة بحركة الأشياء التى الوضع مضاف أليها.

وينقسم وضع الخطوط إلى قسمين كقسمة السطوح، وكذلك النقط إذا قيل إن النقطة معلومة الوضع بوجه مطلق فهى التى وضعها مضاف إلى نقطة أو نقط ثابتة وهى التى لا تنتقل ولا تتحرك وإذا قيل : أن النقطة معلومة الوضع بالقياس إلى شيء متحرك فهى التى يكون بعدها من كل نقطة من ذلك الشيء المتحرك بعداً واحداً لا يتغير وإذا تحرك ذلك الشيء تحركت النقطة بحركته، كمركز الدائرة فإن بعده من كل نقطة من محيط الدائرة بعد واحد لا يتغير، ومع ذلك فإن الدائرة إذا تحركت تحرك مركزها معها، وكمركز الكرة،

وكرأس المخروط. فالمعلوم الوضع ينقسم قسمين فى كل واحد من المقادير التى هى الخط والسطح والجسم والنقط.

– المعلوم الصورة فى الأشكال وحدها:

الشكل المعلوم الصورة هو الذى يكون زواياه معلومة ونسب أضلاعه بعضها إلى بعض معلومة. والأشكال تكون فى السطوح وفى الأجسام. والأشكال المسطحة قد يكون فيها أشكال معلومة الصورة، والأشكال المجسمة قد يكون فيها أشكال معلومة الصورة.

٢-٥- مجال تطبيق التحليل والتركيب

إن كيفية التحليل هو أن نفرض المطلوب، ثم ننظر فى خواص موضوعه اللازمة لذلك الموضوع إلى أن ينتهى إلى معطى المطلوب وغير ممتنع فيه. فهذا هو كيفية التحليل بوجه عام. فإذا انتهى هذا النظر إلى المعنى المعطي، قطع النظر فى ذلك المطلوب. والمعطى هو المعنى الذى لا يمكن دفعه.

فأما كيفية التركيب فهو أن يفرض الباحث المعطى، الذى إليه انتهى التحليل، ثم يضاف إليه الخاصة التى وجدت ثم يضاف أليه الخاصة التى وجدت قبل تلك الخاصة، ويسلك فى التركيب عكس الترتيب الذى سلك فى التحليل، فإنه إذا اعتمدت هذه الطريقة انتهى التركيب إلى المعنى المطلوب، لأنه كان أول موضوع فى التحليل. فعند عكس الترتيب يصير الأول آخر، وإذا انتهى الترتيب المعكوس إلى المطلوب الأول المفروض، صار هذا الترتيب قياساً برهانياً، وصار المطلوب الأول المفروض نتيجة له، ويصير المطلوب موجوداً ومع ذلك صحته يقينية، لأنها برهانية.

وأورد ابن الهيثم فى "مقالة التحليل والتركيب" أمثلة لجميع ما ذكره، يشرح بها جميع المعانى المحددة، ويتحقق مع ذلك صحة ما حدده، ويتيقن من بعد أن يفصل هذه الصناعة ويرتبها.

٢-٦- تصنيف موضوعات التحليل

وينقسم التحليل بحسب انقسام موضوعاته [٤١]. وموضوعات التحليل هى المجهولات من جزئيات الرياضيات، والمجهولات من جزئيات الرياضيات تنقسم إلى أقسام جميع جزئيات الرياضيات. وجزئيات الرياضيات تنقسم إلى قسمين هما :

٢-٦-١- القسم النظرى

يمثل ابن الهيثم فى القسمين العلمى والعملى بأمثلة من جزئيات كل نوع من أنواع الرياضيات ليظهر صحة ما ذكره.

٢-٦-١-١- المعانى الجزئية

٢-٦-١-١-١- المعانى الجزئية النظرية من علم العدد

هى مثل قولنا : كل عددين مربعين فإن نسبه أحدهما إلى الآخر هى نسبه ضلعه إلى ضلعه مثناه. ومثل قولنا : إذا كانت أعداد متوالية متناسبة وكانت أقل الأعداد على نسبتها، فإن كل واحد من الطرفين أول عند الآخر[٤١].

٢-٦-١-١-٢- المعانى الجزئية النظرية من الهندسة

فأما المعانى النظرية من علم الهندسة فهى مثل قولنا : كل ضلعين من مثلث فهما أعظم من الضلع الباقي. ومثل قولنا : كل مثلث فزواياه الثلاث مجموعة مساويات لزاويتين قائمتين. ومثل قولنا : الأضلاع والزوايا المتقابلة من السطوح المتوازية الأضلاع مساو بعضها لبعض.

٢-٦-١-١- ٣- المعانى الجزئية النظرية من الهيئة

أما المعانى النظرية من علم الهيئة، فمثل قولنا : إن مركز فلك الشمس خارج عن مركز العالم ومثل قولنا: إن حركة الجوزاء هى إلى خلاف توالى البروج. ومثل قولنا : إن فلك الكواكب الثابتة أعلى من أفلاك الكواكب المتحيرة. فأما المعانى العملية من علم الهيئة، فتكون فى براهينها، وهو مثل أن ننقص نسبة من نسبة أو نضيف نسبة إلى نسبة، أو نخرج من نقطة عموداً على خط من الخطوط المتخيلة فى الهيئة، أو نعمل مثلثاً على خط من خطوط الهيئة. وجميع هذه المعانى ترجع إلى علم العدد أو علم الهندسة. وقد يذكر فيها عمل آلات ترصد بها الكواكب، وليس يدخل فى العلوم الرياضية النظرية كافة.

٢-٦-١-١-٤- المعانى الجزئية النظرية من الموسيقى

أما المعانى النظرية من علم الموسيقى فهو مثل قولنا : الاتفاق الذى بالكل هو مؤلف من الاتفاق الذى بالأربع والاتفاق الذى بالخمس. ومثل قولنا : إن الاتفاق الذى بالكل مرتين مؤلف من خمس عشرة نغمة متفقة. ومثل قولنا : إن الاتفاق الذى بالأربع ينقسم إلى أكثر من طنين. فأما المعانى النظرية من علم

الموسيقى فإنها تأليف النغم، وهى ترجع إلى علم العدد لأنها ترجع إلى تأليف النسب العددية. فأما القسم العملى الموسيقي، أى العمل باليد، الذى هو نقر الأوتار والآلات وتأليف الأصوات فلا يدخل فى نطاق البحث.

٢-٦-١-٢- القسم العملى

٢-٦-١-٢-١- المعانى الجزئية العملية

٢-٦-١-٢-١-١- المعانى الجزئية العملية من علم العدد

أما المعانى الجزئية العملية من علم العدد، فمثل قولنا : نريد أن نجد عددين مربعين يكون مجموعهما مربعاً. ومثل قولنا : نريد أن نجد أعداداً متوالية على نسبة واحدة كم شئنا. ومثل قولنا : نريد أن نجد العدد التام.

٢-٦-١-٢-١-٢- المعانى الجزئية العملية من الهندسة

أما المعانى العملية من علم الهندسة، فمثل قولنا : نريد أن نعمل مثلثاً متساوى الأضلاع على خط مستقيم مفروض. ومثل قولنا : نريد أن نعمل على خط مفروض زاوية مساوية لزاوية مفروضة. ومثل قولنا : نريد أن نعمل مربعاً مساوياً لشكل مفروض.

وينقسم القسم العملى فى الرياضيات إلى قسمين :

٢-٦-١-٢-٢- القسم العملى المحدود

٢-٦-١-٢-٢-١- القسم العملى المحدود فى علم العدد

مثل قولنا فى جزئيات علم العدد : نريد أن نقسم عددين معلومين بنسبتين معلومتين، فإن لم يشرط أن تكون إحدى النسبتين أعظم من نسبة أحد العددين المقسومين إلى الآخر، وتكون النسبة الأخرى أصغر من نسبة العددين المقسومين أحدهما إلى الآخر، لم يمكن أن يقسم ذينك العددان على تينك النسبتين، وهذا الشرط يسمى تحديداً. ومثل قولنا : نريد أن نجد أعظم عدد يعد عددين معلومين، فإن لم يشرط فى العددين أنهما مشتركان، لم يمكن أن يوجد عدد يعدهما، وهذا الشرط هو التحديد. ومثل قولنا : نريد أن نجد عدداً ثالثاً مناسباً لعددين معلومين، فإن لم يشرط فى العددين أنهما مشتركان لم يمكن وجود عدد ثالث مناسب للعددين.

٢-٦-١-٢-٢-٢- القسم العملى المحدود فى الهندسة

فأما المحدود فى جزئيات الهندسة فمثل قولنا : نريد أن نعمل من ثلاثة خطوط مفروضة مثلثاً، فإن لم نشرط فى الخطوط أن يكون كل اثنين منها أعظم من الثالث، لم يمكن أن نعمل من الخطوط الثلاثة مثلثاً. ومثل قولنا : نريد أن نخرج فى دائرة معلومة وتراً مساوياً لخط معلوم، فإن لم نشرط فى الخط أنه ليس بأعظم من قطر تلك الدائرة، لم يمكن إخراج الوتر فيها. ومثل قولنا : نريد أن نخرج من نقطة معلومة إلى خط مستقيم معلوم خطاً يكون عموداً عليه، فإن لم نشرط فى الخط أنه غير متناه، فربما لم يمكن ذلك فيه. فهذه الشروط الثلاثة هى تحديد هذه الأشكال الثلاثة.

٢-٦-١-٢-٣- القسم العملى الغير المحدود

٢-٦-١-٢-٣-١- القسم المحدود غير السيال : ليس له إلا جواب واحد

٢-٦-١-٢-٣-٢- القسم المحدود السيال : ما له عدة أجوبة

٢-٦-١-٢-٣-٢-١- القسم المحدود السيال من علم العدد

نريد، تمثيلا لا حصراً، أن نجد عددين مربعين يكون مجموعهما مربعاً، وهذا القول يكون له عده أجوبة، أى أنه بالإمكان قيام مربعات كثيرة بلا نهاية يكون كل اثنين منهما مجموعهما مربع. ومثل قولنا : نريد أن نجد عدداً فيه أجزاء مفروضة، وقد توجد أعداد كثيرة بلا نهاية مل واحد منها له تلك الأجزاء بعينها.

٢-٦-١-٢-٣-٢-٢- القسم المحدود السيال من الهندسة

نريد، تمثيلا لا حصراً، أن نعمل دائرة تماس دائرتين معلومتين مفروضتين. فإن هذا المعنى بالإمكان حمله على وجوه عدة:

- بالإمكان أن تكون الدائرة المعلومة تماس الدائرتين بتحديبها لتحديبى الدائرتين؛
- بالإمكان أن تماس احدى الدائرتين بتحديبها (لتحديبها) وتماس الأخرى بتقعيرها لتحديب الأخرى؛
- بالإمكان أن تماس كل واحدة من الدائرتين بتقعيرها لتحديبى الدائرتين، فيكون عمل هذه الدائرة بثلاثة أوجه ؛

أ- نريد أن نخرج من نقطة مفروضة خطاً مستقيماً يماس دائرة مفروضة. وهذا العمل يقع على وجهين:

ب- إذا وصل بين تلك النقطة وبين مركز الدائرة بخط مستقيم أمكن أن نخرج من تلك النقطة خطين عن جنبتى ذلك الخط، كل واحد منهما يماس الدائرة.

ج- قد يقع فى المسائل غير المحدودة ما يكون سيالاً.

٢-٦-٢- عودة إلى القسم النظرى

يكون من جنس واحد إلا أنه مع ذلك قد يمكن أن يحلل الجزء الواحد النظرى بوجوه عدة، إلا "أنه ليس تخرج تلك الوجوه من أن تكون من جنس واحد، وذلك أن المبحوث عنه إذا كان نظرية فتحليله ينبغى أن يكون بطلب خواص موضوع ذلك المعنى المبحوث عنه وحده. وأن حلل بوجوه عدة، أى إن سلك فى تحليله مسالك عدة، فليس يكون تحليله فى كل واحد من الطرق إلا بطلب خواصه وحدها من بعد أن يفرض ذلك المطلوب معطى تاما. وإن يوجد لذلك المطلوب بوجه من الوجوه خواص تؤدى إلى خاصة موجودة له متى ركبت مع غيرها أنتجت ذلك المطلوب، فينبغى للمحلل أن يزيد على ذلك الموضوع زيادات لا تخرجه عن حقيقته، ثم ينظر فى خواص ذلك الموضوع مع الزيادة، فإنه لا بد أن يحدث له خواص أخرى من أجل تلك الزيادة، فإن تم بتلك الزيادة التحليل فهو الذى إذا عكس أنتج المطلوب، والحدس هو الذى به يتصيد المقدمات، وهذا الحدس هو الذى ذكره ابن الهيثم فيما تقدم من هذا القول، والقانون فى هذا الحدس هو أن يتطلب زيادة متى أضيفت إلى الموضوع الأول حدث من مجموعهما خاصة أو خواص لم تكن موجودة قبل تلك الزيادة. فإن أدت هذه الطريقة لم يكن بد من أن ينتهى إلى خاصة معطاة أو خاصة باطلة. فإن انتهت هذه الطريقة إلى خاصة معطاة فيصح المعنى المبحوث.

ثم إن التحليل إذا أدى إلى خاصة معطاة حقيقية، فإن ذلك التحليل إذا ركب تبينت منه بالبرهان صحة المعنى المبحوث. وإذا أدى التحليل إلى مفروض محال دل ذلك على أن المعنى المبحوث عنه محال. ويكون ذلك التحليل بعينه برهاناً على بطلان الدعوى، إذا جعل التحليل برهاناً بالخلف، لأن برهان الخلف هو أن نفرض الدعوى على ما ادعى فيها وينظر فيما يلزم منها. والتحليل المؤدى إلى المحال قد فرض فيه الدعوى على ما ادعى فيها ثم نظر فى لوازمها، فأدت تلك اللوازم إلى المحال، فالتحليل المؤدى إلى المحال هو برهان بالخلف على بطلان المعنى المبحوث. فعلى هذه الصفة يكون تحليل الجزئيات النظرية من المعانى الرياضية وتركيبها.

٢-٦-٣- عودة إلى القسم العملي

٢-٦-٣-١- الحيل

إن أول ما ينبغي أن يعمله المحلل في تحليل الأجزاء العملية من بعد أن يفرض المطلوب هو أن ينظر في خواصه اللازمة له إذا كان موجوداً على الصفة المطلوبة في العمل، وينظر ما يلزم في خواصة وما يلزم من لوازمها إلى أن ينتهي إلى معطى على مثل ما بين في تحليل القسم النظري. فإن لم يظهر للمحلل خواص تؤدي إلى المطلوب زاد في الموضوع زيادات تتولد منها خواص على ما مثلنا في القسم النظرى وينظر في خواص ما يحدث إلى أن ينتهي إلى معطي. فإذا انتهى إلى معطى فحينئذ ينظر في كل واحد من تلك الخواص: كيف بالإمكان أن توجد تلك الخاصة؟ كيف يعمل الحيلة في وجودها ووقوعها وإخراجها إلى الفعل على الصفة التي تلزم من صورة المعنى المطلوب وجوده؟ وفي تأمله لكيفية وجود كل واحد من تلك الخواص وتمحل الحيلة في إخراج تلك الخاصة إلى الوجود يظهر أن تلك الخاصة تحتاج إلى شرط وتحديد أولا تحتاج:

٢-٦-٣-١-١- احتياج الخواص إلى شرط

إن كانت من الخواص التي تحتاج إلى شرط فإنه يظهر له أن تلك الخاصة ربما لم يمكن أن توجد ولا يقع وجودها. وربما أمكن أن توجد، فعند هذا الترجح يظهر أن المطلوب يحتاج إلى تحديد، فحينئذ يجب أن يفرض وجود تلك الخاصة أو ذلك المعنى الذي ترجح وجوده وينظر متى يمكن أن يتم ومتى لا يمكن أن يتم، فإذا تحررت له الصفة التي معها يتم وجود تلك الخاصة أو ذلك المطلوب فقد تم التحليل وتم وجود المطلوب؛

٢-٦-٣-١-٢- امتناع الحاجة إلى شرط

إن كان في تأمله وتمحله لكيفية وجود الخواص والمعاني التي بها يتم المطلوب لا يعترضه في وجودها محال يمنع من شيء منها فإن ذلك المطلوب لا يحتاج إلى شرط ولا إلى تحديد. فعند هذه الحال يعتمد إخراج تلك الخواص التي ظهرت إلى الفعل ووما يعمل في إخراجه لتلك الخواص وتلك المعاني إلى الفعل يظهر له أن تلك الخواص لا تتم إلا على وجه واحد، فالمطلوب غير سيال، وإن كانت الخواص أو واحده منها تتم بعده وجوه فإن ذلك المطلوب يتم بعده وجوه. فإن انتهى التحليل في هذا القسم إلى المحال فإن ذلك المطلوب لا يتم.

تحديد النتائج : الفرق بين النظرية وبين التطبيق

جميع هذه الأقسام التي هي تحليل القسم العملي من جنس واحد، وطريق تحليلها هو"شبيه" بتحليل القسم النظري، إلا أن الفرق بين تحليل القسم النظرى وبين تحليل القسم العملي هو أن :

- تحليل القسم النظرى هو بحث عن خاصة هى للمعنى المطلوب المبحوث عنه وموجودة فيه؛
- تحليل القسم النظرى هو بحث عن طريق وجود المعنى، وإخراجه إلى الفعل هو إخراج كل واحدة من الخواص التى تظهر فى التحليل إلى الفعل.

وهكذا فقد نهض بحث ابن الهيثم فى قضية التحليل والتركيب على التقسيم الرباعى للعلوم الرياضية : العدد، الهندسة، الموسيقي، الفلك. وقد اشتهرت هذه المجموعة الرباعية فى العصر الوسيط فى أوروبا. والتزم ابن سينا والكندى المجموعة الرباعية، فهو يقسم الرياضيات أربعة أقسام : الحساب، الهندسة، الموسيقي، الفلك. وكانت المجموعة الرباعية متداولة فى مدرسة الإسكندرية التى عنيت بالغ العناية بالرياضيات والتى نبغ فيها أقليدس صاحب الهندسة وبطلميوس صاحب المجسطي. هذا التريب هو المأثور عن مدرسة الإسكندرية، وهو الترتيب الذى بقى حتى العصر الوسيط فى أوروبا اللاتينية، ما استقر الترتيب فى العصور المتأخرة فى اللغة العربية فى قولهم : الحساب، الموسيقي، الهندسة، الفلك. لكن بن الهيثم استغنى عن ذلك التقسيم "فى المعلومات". ولم يلتزم الخوارزمى فى تصنيفه القسمة الرباعية، ولا كذلك الفارابى الذى جعل العلوم الرياضية سبعة، مضيفا علم المناظر والأثقال والحيل. كذلك لم يلتزم الكندى فى ترتيبه للعلوم الرياضية تصنيفا واحدا. فهى تارة علم العدد والتأليف والهندسة والتنجيم، وتارة أخرى، العدد والهندسة والفلك والموسيقي. كذلك لم يلتزم بن الهيثم فى ترتيبه للعلوم الرياضية تصنيفا واحدا. فهى تارة، "فى تحليل والتركيب" علم العدد والهندسة والفلك والموسيقي، وتارة، "فى المعلومات" تنقسم إلى أقسام أخرى. ففى بحثه "فى المعلومات" يتركز تفكير بن الهيثم فى الهندسة وحدها دون غيرها من العلوم الرياضية الأخرى.

وفى المدخل إلى البحث في" المعلومات"[٤٢] تخلى بن الهيثم عن التقسيم الرباعى للعلوم الرياضية : العدد، الهندسة، الموسيقي، الفلك، واستعان بلغة "المقولات" الأرسطية. فقد استهل البحث بتقسيم للمعانى كافة إلى قسمين : الكمية، واللاكمية. وقصر بحثه على الكمية. وقسم الكمية قسمين : الكمية المنفصلة، والكمية المتصلة. والكمية المنفصلة تنقسم قسمين هما : حروف الألفاظ والعدد. فالذى تشتمل عليه مقالة المعلومات من المعانى المعلومة هى المعانى التى تختص بحروف الألفاظ، والمعانى التى تختص بالعدد، والمعانى التى تختص بالخطوط، والمعانى التى تختص بالسطوح، والمعانى التى تختص بالأجسام، والمعانى التى تختص بالأثقال، والمعانى التى تختص بالزمان. وأما المعانى التى تختص بالعدد فتنقسم أربعة أقسام : مائية العدد، كمية العدد، خواص "طبيعة" *NATURE* العدد (العدد التام، والزائد، والناقص، والمربع، والمكعب...)، واقتران بعض الأعداد ببعض كالاشتراك والنسب والزيادة والنقصان والكل والجزء. لكن بن الهيثم لا يدرس المعانى التى تختص بالعدد فى أى موضع من مواضع قسمى البحث فى المعلومات، دراسة تطبيقية. والكمية

المتصلة تنقسم إلى خمسة أقسام هى : الخط، والسطح، والجسم، والثقل، والزمان. فالذى تشتمل عليه مقالة المعلومات من معانى الكمية المتصلة المعلومة هى المعانى التى تختص بالخط، والسطح، والجسم، وحسب.

وهذا التصنيف تقليدي. لكن محتوى التصنيف متميز. فحين يدرس جانبا من جوانب شكل من الأشكال الهندسية، فهو يربط هذا الجانب بالجوانب الأخرى، فيدرس مقداره، ووضعه، وصورته، وعلاقتها بالجوانب الأخرى، وبخواص المكان. فحين يعرف بن الهيثم المعلوم الوضع، يدرس ثلاثة معانى : الحركة، والترتيب، والقياس. وأما المعلوم الوضع الذى يختص بالنقطة، أى بنهاية الخط، فهو بعدها من نقطة أخرى متخيلة أو موجودة فى النقط، إذا كان ذلك البعد أو تلك الأبعاد لا تتغير. وهذا المعنى ينقسم ثلاثة أقسام :

١) أن تكون النقطة نفسها المعلومة الوضع ثابتة والنقطة أو النقط المتخيلة أيْضا ثابتة، ولا تتحرك واحدة منها بضرب من ضروب الحركة؛

٢) أن تكون النقطة المتخيلة ثابتة، والنقطة المعلومة الوضع متحركة حول النقطة الثابتة حركة مستديرة والبعد الذى بينهما لا يتغير؛

٣) أن تكون النقطة المعلومة الوضع بعدها من نقطة متخيلة بعد لا يتغير، أو أبعادها من نقط متخيلة أبعاد لا تتغير، وتكون النقطتان ذو جميع النقط متحركة حركة متساوية فى جملة واحدة، والأبعاد التى بينها وبين النقط لا تتغير، فهذان المعنيان هما معلومان ويختصان بالنقطة.

الخط المعلوم الوضع :

١) الخط المعلوم الوضع بالقياس إلى النقاط الثابتة هو الخط الذى لا يتحرك بضرب من ضروب الحركة ما سوى الزيادة والنقصان، وهو الذى مسافات النقط التى عليه من كل واحدة من نقطتين أو أكثر من نقطتين من النقط الثابتة مسافات لا تتغير، والخط الذى بهذه الصفة يسميه بن الهيثم باسم الخط المعلوم الوضع على الإطلاق، من غير شرط ولا إضافة، كان الخط مستقيما أو غير مستقيم؛

٢) المعلوم الذى يختص بوضع الخط بالقياس إلى نقطة واحدة ثابتة، فهو مسافات التى بين كل نقطة تفرض على الخط وبين النقطة الثابتة، إذا كانت المسافات لا تتغير. والخط الذى بهذه الصفة يسميه بن الهيثم باسم الخط المعلوم الوضع بالقياس إلى النقطة الثابتة. وليس يكون هذا الخط معلوم الوضع بوجه مطلق؛

٣) المعلوم الذى يختص بوضع الخط بالقياس إلى خط آخر متحرك أو غير متحرك. قد يحفظ الخط المعلوم الوضع المسافات بينه وبين النقطة الثابتة، وإن كان متحركاً. بإمكان هذا الخط أن يتحرك حول النقطة الثابتة وتكون المسافات التى بين النقط التى عليه وبين النقطة الثابتة لا تتغير، وذلك أنه إذا وصل بين نهايته وبين النقطة الثابتة بخطين مستقيمين، وحرك المثلث الذى يحدث من الخط ومن الخطين الخارجين من نهايته إلى النقطة الثابتة حول النقطة الثابتة، فإن مسافات النقط التى على الخط من النقطة الثابتة لا تتغير ويكون الخط مع ذلك متحركاً، كان الخط مستقيما أو غير مستقيم. وإن كان الخط محيط دائرة، وكان متحركاً حول مركزه، فإن أبعاد النقط التى عليه من النقطة الثابتة –التى هى مركزه– لا تتغير. فالخط المعلوم الوضع بالقياس إلى نقطة واحدة ثابتة هو الخط الذى أبعاد النقط التى عليه من النقطة الثابتة مسافات لا تتغير، كان الخط ثابتا غير متحرك أو كان متحركاً على الاستدارة حول النقطة الثابتة، كان الخط مستقيما أو كان غير مستقيم؛

٤) المعلوم الذى يختص بوضع الخط من نقطة متحركة أو نقط متحركة؛

٥) المعلوم الوضع بالقياس إلى خط ثابت؛

٦) المعلوم الذى يختص بوضع الخط بالقياس إلى خط متحرك؛

٧) المعلوم الذى يختص بوضع الخط بالقياس إلى سطح ثابت؛

٨) المعلوم الذى يختص بوضع الخط بالقياس إلى سطح متحرك.

وأما المعلوم الوضع الذى يختص بالسطح، وبالجسم، فأبن الهيثم يحددهما بالطريقة نفسه سالفة الذكر، كما درس المعانى الأخرى : المعلوم الصورة، المعلوم المقدار، المعلوم النسبة. من هنا صارت الحركة معنىً أولياً من معانى الهندسة، ومعنىً ضروريا لتعريف الوضع وصورة الكمية الهندسية، وصارت ضمان الاتصال. وبصفته وريث أرشميدس وأبولونيوس، فرق بن الهيثم بين خواص الوضع والخواص المترية. وإذا كان بإمكانه أن يقيس خواص الوضع بالمسافات والزوايا، أى إذا كان بإمكانه أن يقيس خواص الوضع قياسا مترياً، فإنه وصف، مع ذلك، خاصية الوضع فى نفسها. من هنا فقد حدد بن الهيثم وضع نقطة، تمثيلا لا حصراً، من دون الاستعانة بنظام الإحداثيات إنما من خلال علاقتها بالنقط، بالخطوط، الثابتة أو المتحركة، وأسس بذلك "للهندسة الوصفية" بنحو خاص. وكان هدف بن الهيثم "فى المعلومات" هو تحديد العلاقات الثابتة التى تؤسس لوصف الوضع، الصور، الكمية، العلاقة. وتمثل مجموعة العلاقات الخاصة بكل تصور على حدة

فصلاً من فصول الهندسة اللاحقة أو تمثل مجموعة العلاقات الخاصة بكل تصور على حدة فصلاً من فصول هندسة "المعلومات".

ثالثا : التحليل التوافيقى وتصور الوجود لدى نصير الدين الطوسى

(فى طوس ١٢٠١ – فى بغداد ١٢٧٣ {٥٩٧ هـ-٦٧٢هـ})

بحث رشدى راشد فى مسألة العلاقة المعقدة بين التحليل التوافيقى والتحليل الميتافيزيقى عند نصير الدين الطوسى وغيره من الرياضيين المسلمين، أمثال ابن سينا وإبراهيم الحلبي، بحث رشدى راشد فى هذه المسألة بوصفها مسألة نقلت العقل الإنسانى من العصر القديم إلى القرن السابع عشر الميلادى من دون انقطاع، مما وضع العلم العربي، فى هذا الموضع، من جديد، فى متن الحداثة الكلاسيكية، ومن دون أن يقع التحليل الفلسفى العربى فى إطار من "العصور الوسطى" المعهودة.

وقد سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب إلى تطبيق العلماء التحليل التوافقى فى أغلب الأوقات فى الجبر وعلم اللغة والفلسفة. ومنذ بداية القرن الثامن عشر الميلادى شـــرع جـــاك بـــرنوللى (*Jacques Bernoulli*) ومونمور (*Montmort*) فى التحليل التوافقى فى ضوء مقتضيات العلم الجديد، وحدود مسائل التجزئة لمجموعة حوادث وليس بالضرورة لمجموعة أعداد.

وسبق للجبريين واللغويين أن أنتجوا بعض طرائق هذا التحليل وطبقوها. فى هذا الموضع بالدقة، كشف الرياضيون واللغويون العرب عن التحليل التوافيقى. وكان العلماء العرب يميزون محتوى التحليل التوافيقى من دون اسمه الحديث المعروف. وفى حين أن الجبرى كان لا يرى فى وسيلة عالم اللغة، وسيلته الخاصة، فإن عالم اللغة كان يحاول ابتكار ما سبقه إليه الجبرى. فإن هذا الوعى النظرى المجزأ كان منفصلاً فى العلوم العربية، ولم يدل دلالة متميزة على التحليل التوافيقى. فبدا عالم اللغة وكأنه يكتشف طرقًا توافيقية بنحو مستقل. أما الجبرى فكان يسمى بعض الطرائق التى لم تكن قد أصبحت بعد نشاطًا معينًا باسم التحليل التوافيقى. غير أن التساؤل حول الانفصال فى الوعى النظرى – وحدة التحليل التوافيقى – قضى بالتفريق بين اللغة العلمية والجبر. فإذن كان التحليل التوافيقى عند اللغوى هو وسيلة لتنظير ممارسة قديمة، فهو لا يشكل عند الجبرى سوى قاعدة تقنية لمسألة نظرية. فهو لا يشكل عند الجبرى سوى تصورًا آخر للجبر أو مشروعًا لجبر مستقل بنفسه. إن التحليل التوافيقى وسيلة لدى اللغوى والجبرى معًا. ويبدو التحليل التوافيقى مرة كوسيلة لحل مسألة تطبيقية بشكل نظرى، ومرة ثانية كوسيلة منتجة فى أثناء حل مسألة نظرية. إن اختلاف

المشروع هو السبب فى تجاهل كل من الجبرى واللغوى أحدهما للآخر. إن هذين الاتجاهين -الجبرى واللغوي- للتحليل التوافيقى مهما بديا مختلفين، فهما يشتركان فى تغيّر الصلات بين تصورى العلم والفن.

وقد دل تأسيس استقلال الجبر على تأسيس الجبر كعلم. وعاد ذلك إلى الإقرار بأن كل علم هو فن، وإلى أنه قد يظهر العلم من دون أن يحدد موضوعا بعينه، لأنه يقارب موضوعات عدة - الحساب والهندسة، تمثيلا لا حصراً. إن عالم اللغة بفهمه للمعالجة النظرية لفن ما، كفن المعجم، تمثيلا لا حصرا، يلغى فرقاً قديمًا بين العلم والفن. وكان ذلك الإلغاء للفرق بين العلم والفن، بين النظرية والممارسة، أساس الكلام العنصرى حول الروح العملية للعلم العربى فى مقابل الروح النظرية للعلم اليوناني.

يعود التطبيق الأول إلى التحليل التوافيقى فى الجبر إلى القرن الحادى عشر الميلادي. وينسب التطبيق الأول إلى التحليل التوافيقى فى الجبر، على وجه الدقة، إلى عمر الخيام (١٠٤٨ - ١١٣١). وسبق أن أشرنا إلى العلاقة بين عمر الخيام وابن سينا. وقال الشيخ شمس الدين الشروانى الصوفى للإمام شمس الدين محمد بن إبراهيم المعروف بابن الأكفانى، إنه قرأ "الإشارات والتنبيهات" لأبى على بن سينا بشرحها على شارحها نصير الدين الطوسى.

ونصير الدين الطوسي[٤٣] هو محمد بن محمد بن الحسن العالم نصير الدين، أبو عبد الله الطوسى الفارسى الفيلسوف الباحث فى العلوم الرياضية والرصد، وكأن عارفاً بعلوم اليونان لاسيما فى الأرصاد والمجسطى. قرأ نصير الدين الطوسى على المعين سالم بن بدران المصرى المعتزلى الرافضى، وعلى الشيخ كمال الدين بن يونس الموصلى وكان يعمل فى الوزارة لهولاكو. وكان يخالط الشيعة والعلويين. عمل نصير الدين الطوسى الرصد بمدينة مراغة، وكان من أعوانه على الرصد من العلماء قطب الدين محمود الشيرازي، ومؤيد الدين العروضى الدمشقي، ونجم الدين القزويني، ومحيى الدين الاخلاطي، ومحيى الدين المغربى ونجم الدين الكاتب البغدادي.

وله مصنفات فى العلوم الفلسفية والدينية على مذهب الإمامية، ومن بينها "تحرير أصول الهندسة لأقليدس" (روما، ١٥٩٤م، كلكته، ١٨٢٤م، لندن، ١٦٥٧، فاس على الحجر، ١٢٩٣ ج٢، الأستانة، ١٢١٦، القسطنطينية)، و"شكل القطاع أو تربيع الدائرة". وكان "تحرير أصول الهندسة لأقليدس" أشهر تحرير لكتاب "الأصول"، وأضاف إليه ما يليق به مما استفاد واستنبط، وعلى تحريره حاشية للشريف الجرجانى وموسى ابن محمد المعروف بقاضى راده الرومى بلغ إلى آخر المقالة السابعة. وله كتاب فى شرح كتاب الإشارات والتنبيهات فى المنطق والحكمة للشيخ الرئيس أبى على الحسين بن عبد الله الشهير بابن سينا (٤٢٨ ت)، وكان ردا على شرح أو "جرح" فخر الدين محمد بن عمر بن الحسين، الخطيب الرازى (٦٠٦ ت)، وسماه "بحل مشكلات الإشارات". ووازن قطب الدين محمد بن محمد الرازى المعروف بالتحتانى (٧٦٦ ت) بين

الشارحين، الطوسى والرازي، بتوجيه من قطب الدين الشيرازي. ولبدر الدين محمد اسعد اليمانى والتسترى كتاب فى المقارنة بين شرح الطوسى وشرح الرازي. وعلى أوائل شرح الطوسى حاشية للمولى شمس الدين احمد بن سليمان الشهير بابن كمال باشا (٩٤٠ ت)، وله حاشية على نقد قطب الدين محمد بن محمد الرازى المعروف بالتحتانى (٧٦٦ ت)، ولحبيب الله الشهير بميرزاجان الشيرازى (٩٩٤ ت)، حاشية على شرح الطوسي. ومن شروح "الإشارات والتنبيهات" لأبى على بن سينا، أيضاً، شرح سراج الدين محمود ابن أبى بكر الارموى (٦٨٢ ت)، وشرح الإمام برهان الدين محمد بن محمد النسفى الحنفى (٦٨٨ ت)، وشرح عز الدولة سعد بن منصور المعروف بابن كمونة (٦٧٦ ت) وسماه "شرح الأصول والجمل من مهمات العلم والعمل، وشرح رفيع الدين الجيلى (٦٤١ ت)، و"نظم الإشارات" لأبى نصر فتح بن موسى الخضراوى (٦٦٣ ت)، ومختصرها لنجم الدين بن اللبودى (محمد ابن عبدان الدمشقى الحكيم (٦٢١ ت)).

فى ضوء هذا المشروع العلمي، صاغ نصير الدين الطوسى العلاقة بين الرياضيات والفلسفة النظرية، صياغة متميزة. فقد اقتبس الفيلسوف من الرياضيات أداة لحل مسألة الفيض المنطقية-الميتافيزيقية[٤٤]. وقد أثر حل المسألة المنطقية-الميتافيزيقية بدورها فى تقدم الرياضيات. وكان التبادل بين التوافيق والميتافيزيقا نموذجاً دالاً على هذه الحركة المزدوجة بين الرياضيات والفلسفة. وكشف فى نظرية ابن سينا عن صدور الكثرة عن الواحد عن وسيلة لتطبيق التوافيق الجبرية على نظرية الفيض. وفيما كان يبحث عن حل رياضى لمسألة صدور الكثرة من الواحد، أضاف نصير الدين الطوسى إلى نظرية ابن سينا فى الفيض، المقاربة التوافيقية-الجبرية.

و سبق أن أشرنا أن حركة الترجمة التى نشطت فى القرن الثالث الهجرى، لا سيما فى عهد الخليفة المأمون، جعلت الرياضيين المسلمين يصوغون فكراً متميزاً عن الفكر اليونانى. من بين المؤلفات اليونانية العديدة التى نقلت إلى العربية، كان هناك كتاب بعنوان "تولوجيا أرسطو" له أهمية خاصة، إذ أنه فتح أفاقاً جديدة للفكر الإسلامى. هذا الكتاب المنسوب خطأ إلى أرسطو هو فى الواقع مجموعة لبعض تساعيات أفلوطين، المدافع الأكبر عن الفلسفة الفيضية. يدور كتاب "اثولوجيا أرسطو" على فلسفة فيض العالم عن كائن أول (الواحد) ويجعل سلسلة من الوسطاء بين هذا الكائن الأول والإنسان.

هذا الكتاب المنسوب خطأ إلى أرسطو هو إذن مجموعة لبعض "تساعيات" أفلوطين، المدافع الأكبر عن الفلسفة الفيضية. كانت فكرة أفلوطين، هى فكرة الفيض أو الصدور *Emanation*، وهى الفكرة التى توفق بين تعالى الأول عن كل الموجود، وبين حضور قواه فى الموجودات كلها. فبواسطة فكرة الفيض بالإمكان أن يظل الأول فى تعاليه، ويكون أشبه بمصدر النور يشع من دون أن يفقد من نفسه شيئا، ويضئ الأشياء البعيدة

من دون أن ينتقل إليها. إن فيض النور أقرب إلى توضيح فكرة امتداد فاعلية الأول إلى الأشياء كلها من دون أن يفقد شيئا من نفسه، لأن الضوء عند أفلوطين طاقة لا مادية تبعث من دون فقدان شيء.

و قد قامت فكرة أفلوطين، عن الفيض أو الصدور *Emanation*، فى الإطار العام لفلسفة أفلوطين فى وحدة الوجود، حيث يتدرج العالم، وتتسلسل مراتب الوجود بدءاً من المركز الأول، وتمتد حتى أكثر درجات الوجود تفوقا. ومن شأن تدرج الموجودات هبوطا من المبدأ الأول، أن يتحرك حركتين أساسيتين : حركة هابطة وحركة صاعدة. أما الحركة الهابطة فهى وصفية عقلية، يسير موكب الوجود من الواحد تدريجا حتى ينتهى إلى المادة، وأما الحركة الصاعدة فهى فى ارتقاء هذا السلم مرة أخرى، والعودة إلى الواحد الأول. وهذه العودة إلى الواحد الأول هى عودة عينية أو حركة صوفية، أساسها تصفية النفس حتى يتسنى لها الارتقاء تدريجا، والعودة إلى الاتحاد بمصدرها الأول. وإذا كان الاستدلال العقلى هو أساس إدراكنا للحركة الهابطة، ولا يعود فى وسعنا أن نصل، فى العودة إلى الواحد الأول، إلى الموجود العالى إلا من خلال الاتحاد الصوفي. ولقد كان أفلوطين يركز اهتمامه تارة على الحركة الكونية، حركة الهبوط التى تصف الفاعلية التلقائية للواحد،وتارة أخرى على حركة العودة، أى حركة النفس فى عودتها إلى الواحد الأول. ففى وصفه للحركة الأولى كان فيلسوفا ميتافيزيقيا، وفى وصفه للثانية كان متصوفا روحيا. لذا فهى فلسفة ميتافيزيقية- صوفية، حائرة بين الوحدة والكثرة، بين العقل والروح. فوحدة العقل بدورها ليست مطلقة، إذ أن كل تعقل وتفكير - حتى لو كان تفكيرا للعقل فى ذاته- ينطوى على نوع من الثنائية : إذ يضع العقل ذاته كموضوع يفكر فيه، أى أن فكرة العقل تتضمن بالضرورة ثنائية الذات المفكرة وموضوع التفكير.

و يسمى أفلوطين المبدأ الأول بالواحد أو الخير. فإذا شئنا أن ننسب إلى هذا الواحد صفات، لتبين لنا استحالة وصفه بأية صفة من الصفات المألوفة التى تنطبق على الموجودات الأدنى. بل أن صفة الوجود ذاتها، إذا ما نسبناها إليه، لكانت تنطوى على نوع من الثنائية، إذ أننا سنحمل عليه الوجود، فيكون هناك موضوع، ومحمول يحمل عليه، وبهذا يفقد الأول وحدته المطلقة. لا نصف الموجود الأول بأية صفة إيجابية، بل نكتفى بالوصف السلبى ونؤكد أنه بخلاف كل ما نعلم وحسب. وأقصى ما يمكننا أن نطلق عليه من صفات إيجابية، هو تأكيد كماله المطلق بالقياس إلى ما عداه. والواقع أن الواحد، بهذه الصفات، يقترب من الفهم الحديث.

عن الوحدة، إذن، تصدر مراتب الموجودات كافة. ولأفلوطين فى وصف هذا الصدور تشبيهات مختلفة، أشهرها تشبيه فيض النور من منبعه، وفيض الماء من ينبوع، وصدور أنصاف الأقطار عن المركز. يبقى المصدر أو المركز الأول ثابتا، مع خروج غيره منه. فالواحد حين يخلق الموجودات لا ينتشر أو يتغلغل فيها، أو يأخذ من ذاته ليعطيها، بل يظل فى وحدته الأصلية، ولا يخرج عن ذاته. ومع ذلك يفيض موكب الموجودات عنه فى عملية تسير سيرا منتظما من البداية إلى النهاية،وتتحكم فيها ضرورة واحدة، وقانون

واحد. وكذلك الحال فى كل مبدأ آخر. إن كل موجود يكون فى المبدأ السابق عليه، لا يعنى وجود علاقة مكانية بينها، أى احتواء المبدأ الأول على التالى له، بل إن التالى يعتمد السابق ويتوقف عليه، وكل لفظ يعبر عن علاقة إنما هو تشبيه.

وخير ما يعبر عن هذا المعنى الخاص الذى يحمله، كما أسلفنا، تصور وحدة الوجود عند أفلوطين، هو فكرة الفيض أو الصدور *Emanation*، وهى الفكرة التى توفق بين تعالى الأول، وبين حضور قواه فى كل الموجودات.

و كشف الفارابى فى النظام الفيضى عن حل منطقى لجميع مسائل الوحى. لجأ الفارابى أولاً إلى ذلك الكتاب، سالف الذكر، "أثولوجيا أرسطو"، ليوفق بين أفلاطون وأفلوطين. وبعد هذه المحاولة الأولى، حاول الفارابى محاولته الثانية التى عرضها فى كتابه عن "آراء أهل المدينة الفاضلة"، وقام فيما بعد الفارابي، ابن سينا، بعرض أوفى لهذه المسائل، كما سنعرض لذلك فى الفصل الثانى من هذا الباب.

يشيد الفارابى فلسفته على هذه البديهة العقلية وهى أننا نستنتج حتماً من وجود الكائنات الحادثة، إذ يستحيل التسلسل فى مجموعة الكائنات الحادثة وإلا لما وجد شيء. وإذا سلمنا بوجود الكائن الواجب الوجود، الواحد، البسيط، المطلق الكمال، الله، بقى علينا أن نعلل وجود باقى الكائنات. إن فلسفة افلوطين الفيضية (المنسوبة خطأ إلى أرسطو فى كتاب اثولوجيا الآنف الذكر) تقدم حلاً لهذه المسألة، أعنى مسألة وجود العالم. فالقول بخلق العالم من عدم قول لا يقبله العقل : كيف يكون الشيء من لا شيء ؟ إن مسألة الخلق من عدم ليس لها أثر فى الفكر اليونانى الذى لا يسلم بالوجود من اللاوجود، ولا يقر ألا بالوجود من موجود، الأمر الذى جعل فلاسفة اليونان يقولون بقدم العالم، أو بقدم مادة العالم، وبحدوث نظامه وأصبح المبدأ القائل بأن الكائن يفيض من كائن آخر مبدأ مقبولاً. ولكن فلسفة الفيض هذه تصطدم بمسألة أخرى وهى : كيف من الكائن الواحد البسيط يفيض المتعدد؟

لما كان العقل صادراً عن الأول، فهو حادث، أى تابع له، فهو حادث بالتبعية ولكن هذا لا يعنى أنه مخلوق فى الزمان، بل أنه تابع للأول منذ الأزل، فإذن هو قديم فى الزمان، مادام الأول كاملا ومن طبيعته أن يحدث عنه هذا العقل، الذى يسميه الفارابى العقل الثانى أو الثانى. إن هذا الحل يرضى، من جهة أخرى، الوحى، الذى يتحدث عن الخلق وهنا يصبح معنى الخلق (تبعيه) المخلوق للخالق، والفيض يعطى معنى التبعية هذه كما وأن هذا الحل يرضى أيضاً العقل الذى لا يقبل القول بالخلق من عدم وفى الزمان.

ومن جهة أخرى يفسر الفيض نظام الكون بما فيه من أفلاك وحركاتها. تقول الفلسفة الفيضية أن من الكائن الأول يفيض كائن ثان، هو جوهر غير متجسم أصلاً، وعقل خالص وهذا الثانى يعقل الأول ويعقل ذاته ومن تعقله للأول (ككائن واجب بنفسه) يلزم عنه وجود السماء الأولى، والثالث أيضا وجوده لا فى مادة وهو بجوهره عقل، وهو يعقل الأول (ككائن واجب الوجود بنفسه) فيلزم عنه عقل رابع، ويعقل ذاته (كتابع فى وجوده لغيره) فيلزم عنه الكواكب الثابتة، وهذا الرابع يعقل الأول (ككائن واجب الوجود بنفسه) فيلزم عنه الخامس ويعقل ذاته (كتابع لغيره فى وجوده) فيلزم عنه كوكب زحل، وهكذا حتى العقل الحادى عشر، مع التدرج بكوكب المشترى، فالمريخ، فالشمس، فالزهرة، فعطارد، فالقمر حيث ينتهى عالم العقول المفارقة التى هى عقول ومعقولات وعند كرة القمر ينتهى وجود الأجسام السماوية، وهى التى بطبيعتها تتحرك دوراً وعنصر عالم الأفلاك هذا هو العنصر الخامس الذى لا يشوبه كون ولا فساد، إذ لا ضد له.

وحسب نظرية الفيض هذه تعلل حركات الأفلاك السبع المتحركة، وذلك بواسطة العقول التى لا تنفك عن تأمل الكائن الأول، ولما كانت الحركة الدائرية هى أكمل الحركات، إذا إنها الحركة الوحيدة التى تحاكى أزليه الكائن الأول، فأن هذه الحركة هى التى اختصت بها الأفلاك منذ الأزل والتى ليس لها نهاية ثم يفيض من فلك القمر عالم العناصر (الأسطقسات) وهو عالم الكون والفساد الذى يدبره العقل الحادى عشر الذى يسميه الفاربى (العقل الفعال). هذا العقل يهب عالم العناصر مختلف الصور التى تظهر فيه من جماد ونبات وحيوان وإنسان لذلك أطلق على هذا العقل أسم (واهب الصور).

إن ما يقصده الفارابى بالحقائق الأزلية هو فى الواقع (المثل الأفلاطونيه) جمعها الفارابى وأدمجها فى العقل الفعال والمجهود الذى تبذله النفس لبشرية لكى تدرك، منذ الحياة الدنيا، هذه الحقائق الأزلية يجعلها تستحق الخلود حيث تنعم بتأمل هذه الحقائق فى العقل الفعال، وهكذا انتهى الفارابى الى تصرف عقلى قوامه التأمل. يتفق ابن سينا مع الفارابى فى القول بعدم بعث الأجساد ولكنه يلطف من حده قول الفارابى بخلود الأنفس العالمة فقط، لقد أعتبر ابن سينا النفس البشرية خالدة بطبيعتها لأنها جوهر روحانى بسيط إذا إنها تستطيع أن تدرك الماهيات. فأن ابن سينا متفق مع الفارابى على القول بأن هذه السعادة تكون بتأمل الحقائق الأزلية فى العقل الفعال، فلا فرق جوهرى بين تصوف ابن سينا وتصوف الفارابي.

إن لهذه الفلسفة الفيضية جانباً تطبيقياً، وهو تكوين مجتمع بشرى على أسس من العدالة والفضيلة، فضلا عن إعادة قراءة الوحي. أن هذه الفلسفة الفيضية، التى حاولت أن تحل المسائل الكونية والأخلاقية والاجتماعية والسياسية والروحية انتهت إلى نتائج لا تتفق والشرع، لا سيما فى نقط ثلاث:

١) الفيض قديم. ولا يخلق العالم فى الزمن ومن العدم؛

٢) "العقل الفعال" يسود عالم العناصر؛

٣) الأول الإلهى بعيد عن العالم، غير مهتم به مباشرة.

إن العقل الفعال يعقل الكائن الأول، ولكن يبقى العقل الفعال هو المنظم الحقيقى لعالمنا هذا، ولا تقول الفلسفة الفيضية بلذه جسديه فى العالم الآخر، بل بسعادة روحيه محضه.

إن هذه النتائج الثلاث : قدم العالم؛ عدم عناية الكائن الأول بالعالم؛ وعدم بعث الأجساد، هى نتائج لهذه الفلسفة الفيضية ولكنها تميزت عن العقل العقدى التقليدي، كما تميزت المعتزلة، من جهة أخرى، عن العقل الإسلامى العقدى التقليدي. فهناك شبه ملحوظ بين موقف الفارابى من الأول وموقف المعتزلة –المعاصر للفارابي– من التوحيد، فالأول لا يمكن تحديده أو تعريفه، إذ أنه غاية فى البساطة وهو ليس بجسم، هو وحده مطلقة، غير منقسم. وتماماً مثل موقف المعتزلة، يؤيد الفارابى أنه لما كان الأول يعقل ذاته فهو علم، وعلمه هو جوهرة، وهو حق لأنه موجود، وهو حياة، ولكن كل هذه الصفات التى ننسبها نحن إليه لا تدل على تعدد فيه بل هو وحده مطلقة.

يتبع إذن وجود باقى الكائنات حتماً وجود الأول، وهى فيض منه الفيض قديم. وهو لا ينقص شيئاً من الأول ولا يزيد إليه كمالاً والكائنات الفائضة منه متصلة بعضها ببعض وصادرة بعضها عن بعض، فمن الأول يفيض الثانى الذى هو أيضاً جوهر لا مادى، وعقل خالص يعقل ذاته ويعقل الأول، ومن هذا التعقل المزدوج تصدر باقى العقول والأفلاك الثابتة والمتحركة وعددها سبعة (زحل، المشترى، المريخ، الشمس، الزهرة، عطارد، القمر) ولما كانت هذه العقول لا ماديه فأن ليس لها ضد، إذ أن للضد مادة مشتركة بينه وبين ضده ثم أن كل عقل فريد فى نوعه، إذ أن الأفراد تتعدد فى النوع الواحد بفضل المادة وهذه العقول لا ماديه ثم أن كل واحد من هذه العقول يعقل ذاته ويعقل الأول. ثم إن أجسام الأفلاك لا ضد لها، وهى من عنصر غير فاسد. وعناصر عالم الكون والفساد تتبع عالم ما دون فلك القمر، ومن فعل كل عنصر على الآخر، ومن فعل الأجسام السماوية عليها، تظهر الأخلاط، ومن اتحاد الأخلاط بالعناصر تنتج الأجسام المختلفة، النبات، والحيوانات، الإنسان، وكلها تقبل الفساد الذاتى مع استمرار النوع الذى هى أفراده.

وقال الفارابى فى الفصل السابع عن " القول فى كيفيه صدور جميع الموجودات عنه" فى كتاب "آراء أهل المدينة الفاضلة" إن "الأول هو الذى عنه وجد، ومتى وجد للأول الوجود الذى هو له، لزم ضرورة أن يوجد عنه سائر الموجودات التى وجودها لا بإرادة الإنسان واختياره على ما هى عليه من الوجود الذى بعضه مشاهد بالحس وبعضه معلوم بالبرهان ووجود ما يوجد عنه أنما هو على جهة فيض وجوده لوجود شيء

آخر، وعلى أن وجود غيره فائض عن وجوده هو، فعلى هذه الجهة لا يكون وجود ما يوجد عنه سبباً له بوجه من الوجوه، ولا على أنه غاية لوجود الأول، كما يكون وجود الابن من جهة ما هو ابن – غاية لوجود الأبوين – من جهة ما هما أبوان، يعنى أن الوجود الذى يوجد عنه (لا) يفيده كمالاً ما، كما يكون لنا ذلك عن جل الأشياء التى تكون منا، مثل أنا بإعطائنا المال لغيرنا نستفيد من غيرنا كرامه أو لذة أو غير ذلك من الخيرات، حتى تكون تلك فاعله فيه كمالاً ما، فالأول ليس وجوده لأجل غيره، ولا يوجد بغيره، حتى يكون الغرض من وجوده أن يوجد سائر الأشياء فيكون لوجوده سبب خارج عنه، فلا يكون أولاً، ولا أيضاً بإعطائه ما سواه الوجود ينال كمالاً لم يكن له قبل ذلك خارجاً عما هو عليه من الكمال، كما ينال من يجود بماله أو شيء آخر، فيستفيد بما يبذل من ذلك لذة أو كرامه أو رئاسة أو شيئاً غير ذلك من الخيرات، فهذه الأشياء كلها محال أن تكون فى الأول لأنه يسقط أوليته وتقدمه، ويجعل غيره أقدم منه وسبباً لوجوده، بل وجوده لأجل ذاته، ويلحق جوهره وجوده ويتبعه أن يوجد عنه غيره فلذلك وجوده الذى به فاض الوجود إلى غيره هو فى جوهره، ووجوده الذى به تجوهره فى ذاته يكون بأحدهما تجوهر ذاته وبالآخر حصول شيء آخر عنه، كما أن لنا شيئين نتجوهر بأحدهما، وهو النطق، ونكتب بالآخر، وهو صناعه الكتابة، بل هو ذات واحده وجوهر واحد، وبه يكون تجوهره وبه بعينه يحصل عنه شيء آخر. ولا أيضاً يحتاج فى أن يفيض عن وجوده وجود شيء آخر إلى شيء غير ذاته يكون فيه، ولا عرض يكون فيه ولا حركة يستفيد بها حالاً لم يكن له، ولا آله خارجه عن ذاته، مثل ما تحتاج النار، فى أن يكون عنها وعن الماء بخار إلى حرارة يتبخر بها الماء، وكما تحتاج الشمس، فى أن تسخن ما لدينا إلى أن تتحرك هى ليحصل لها بالحركة ما لم يكن لها من الحال، فيحصل عنها وبالحال التى أستفادها بالحركة حرارة فيما لدينا، أو كما يحتاج النجار إلى الفأس والى المنشار حتى يحصل عنه فى الخشب انفصال وانقطاع وانشقاق، وليس وجوده بما يفيض عنه وجود غيره، أكمل من وجوده الذى هو بجوهره، ولا وجوده الذى بجوهرة أكمل من الذى يفيض عنه وجود غيره، بل هما جميعاً ذات واحده. ولا يمكن أيضاً أن يكون له عائق من أن يفيض عنه وجود غيره، ولا من نفسه ولا من خارج أصلاً."(٤٥)

و فى الفصل العاشر عن "القول فى الموجودات الثوانى وكيفيه صدور الكثير" من كتاب " آراء أهل المدينة الفاضلة" قال الفارابى : "يفيض من الأول وجود الثانى، فهذا الثانى هو أيضاً جوهر غير متجسم أصلاً ولا هو فى مادة، فهو يعقل ذاته ويعقل الأول، وليس ما يعقل من ذاته هو شيء غير ذاته فما يعقل من الأول يلزم عنه وجود ثالث، وبما هو متجوهر بنفسه التى تخصه يلزم عنه وجود السماء الأولى، والثالث أيضا وجوده لا فى مادة وهو بجوهره عقل، وهو يعقل ذاته ويعقل الأول، فما يتجوهر به من ذاته التى تخصه يلزم عنه وجود كرة الكواكب الثابتة، وبما يعقله من الأول يلزم عنه وجود رابع، وهذا أيضا لا فى مادة، فهو يعقل ذاته ويعقل

الأول، فما يتجوهر به من ذاته التى تخصه يلزم عنه وجود كرة زحل، وبما يعقله من الأول يلزم عنه وجود خامس، وهذا الخامس أيضاً وجوده لا فى مادة، فهو يعقل ذاته ويعقل الأول، فما يتجوهر به من ذاته يلزم عنه وجود كرة المشترى وبما يعقله ذاته ويعقل الأول، فما يتجوهر به من ذاته يلزم عنه وجود كرة المريخ، وبما يعقل من الأول فما يتجوهر به من ذاته يلزم عنه وجود كرة الشمس، وبما يعقل من الأول يلزم عنه وجود ثامن، وهو أيضاً وجوده لا فى مادة، ويعقل ذاته ويعقل الأول، فما يتجوهر به من ذاته التى تخصه يلزم عنه وجود كرة الزهرة، وبما يعقل من الأول يلزم عنه وجود تاسع، وهذه أيضا وجوده لا فى مادة."[٤٦]

كان النزاع إذن بيناً فى موضوع كيفية صدور الأشياء غير المتناهية عن المبدأ الأول الواحد. ودار حول السؤال الذى صدر عن إطلاع الفارابي، وابن سينا، وغيرهما من العلماء فى اللغة العربية، على بعض "تساعيات" أفلوطين –المسماة خطأ "باثولوجيا أرسطو"–، المدافع الأكبر عن الفلسفة الفيضية[٤٧]. وكتاب "اثولوجيا أرسطو" يتحدث عن فيض العالم عن كائن أول هو الواحد، ويجعل سلسلة من الوسطاء بين هذا الكائن الأول والإنسان. والفيض أو الصدور، كما أسلفنا، هى الفكرة التى توفق بين تعالى الأول عن كل ما يوجد، وبين حضور قواه فى كل الموجودات. السؤال إذن هو : الجهات –عقل ثان، هيولي، صورة، الفلك، نفس تدبر الفلك وتحركه– التى فى العقل الأول إن كانت موجودات متغايرة، فقد صدر عن المبدأ الأول كثرة، وإن كانت موجودات، فكيف يعقل صدور أشياء عن شيء واحد من جهات معدومة؟ من أين جاءت الأفلاك الكثيرة والكواكب الثابتة التى لا تحصى والكواكب السيارة؟ ما عللها؟

تلك هى المسألة التى صاغها نصير الدين الطوسى من بعد ابن سينا والفارابي. كان شرط إمكان ذلك الصدور أو الفيض، عند الطوسي، هو تفسير قواعد التوافيق بطريقة توافيقية. وكان هذا التفسير أساس إنشاء التحليل التوافيقي. وهو التحليل الذى أفاد علماء الرياضيات اللاحقين أمثال كمال الدين الفارسى وابن البناء وإبراهيم الحلبى منه إفادة لافتة. وكمال الدين الفارسى (ت١٣١٩م) رياضى وفيزيائى بحث فى نظرية الأعداد، وفى الجبر، وفى البصريات بوجه خاص. وقد شرح كمال الدين الفارسى كتاب "المناظر" لابن الهيثم تحت عنوان "تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر". وحاول إبراهيم الحلبي، على أساس من "تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر"، تنظيم عناصر العلم الجديد وتسميته باسم مستقل عن العلوم الأخرى.

بعد ذلك اقترح ريمون لول *Lulle* التوافيق الممكنة بين التصورات كلها، لكن من دون اقتباس المنهجيات الرياضية. كان مشروع نصير الدين الطوسى هو الحل الرياضى لمسألة فيض المتعدد من الواحد الميتافيزيقية. وقد أدى ذلك إلى التأسيس الرياضي–التوافيقى لنظرية الخلق الميتافيزيقية الأفلوطينية–الفارابية–السينوية (= ابن سينا). كان طريق نصير الدين الطوسى أقرب لطريق العالم الألمانى المحدث *Gottfried*

Wilhelm Leibniz، ج. ف.ليبنيتز (١٦٤٦-١٧١٦)، وإن اختلف المشروعان. فقد كان مشروع ج. ف. ليبنيتز هو أن يؤسس "فن الاختراع" على الفن التوافيقى أو فن التوافيق *De arte combinatoria* (فى اللغة اللاتينية) (١٦٦٦) أو *On the Art of Combination* (فى اللغة الإنجليزية). شرع ليبنيتز فى تعليل الأشياء كلها على أساس من نظام العلامات، كما كان الحال عند ريمون لول. كان ليبنيتز، فى مدرسة نقولا، يفكر فى أبجدية للأفكار الإنسانية وهو يقرأ أرسطو. وأكد بيكون هذا التفكير وضاهى بين الأشكال من الدرجة الأولى وأحرف الأبجدية، وطابق فيجل وهوبز بين التفكير والحساب، وألف بوتو *Buteo* "مفاتيح التوافيق"، وألف كاردان *Cardan* منطق الاحتمال والعلاقات بين المعامل وجذور المعادلات، وبحث رجال القانون وغيرهم من المثقفين والدارسين والباحثين فى الموضوع نفسه. وأعادت أوربا كلها نشر عمل ريمون لول. وشرح آجريبا وآلشتيد *Agrippa, Alstedt* عمله. ونشر الأب ب. ج. كرشر *P. J. Kircher* كتابه *Polygraphia nova et universalis ex combinatoria detecta* عام ١٦٦٣. بعد ذلك راجع ليبنيتز نفسه فى كلامه على التوافيق. لكنه اعترف فى الموضع نفسه أن التوافيق كانت الأساس الذى بنى عليه مذهبه ككل، فى العلم والميتافيزيقا على السواء. كان مشروع ليبنيتز هو إقامة "فن الاختراع" على التحليل التوافيقي. كان مشروع ليبنيتز هو إقامة منهج على أساس من التحليل التوافيقي. كانت التوافيق وسيلة. أما مشروع نصير الدين الطوسى فقد كان عكسياً. كان مشروع الطوسى هو إقامة التحليل التوافيقى على أساس من المنهج الميتافيزيقي-المنطقي. كانت التوافيق هدفا.

أما مشروع نصير الدين الطوسى فقد كان الحل الرياضى لمسألة ميتافيزيقية. مما قاده إلى صياغة نظرية ابن سينا فى قالب توافيقي. ففى شرحه على كتاب "الإشارات والتنبيهات" لابن سينا، أدخل نصير الدين الطوسى اللغة والخطوات التوافيقية لوصل الفيض حتى المرتبة الثالثة من الكائنات حيث توقف تطبيق الإجراءات واستخلص عد الكائنات التى "لا يحصى عددها". وفرق نصير الدين الطوسى لذلك بين أمرين :

١) إجراء التوافيق لعدد من الموضوعات؛

٢) ابتكار لغة التوافيق وبنيتها.

كان مشروع نصير الدين الطوسي، إذن، فى رسالة مستقلة "فى بيان كيفية صدور الأشياء الغير المتناهية عن المبدأ الأول الواحد"، هو النفاذ إلى التحليل التوافيقى للفيض. قال نصير الدين الطوسى " قالت الحكماء : المبدأ الأول لجميع الموجودات، واحد، تعالى ذكره، وإن الواحد لا يصدر عنه إلا واحد. قيل لهم : فإن كان هكذا وجب أن يكون معلولاته واحدًا بعد واحد متسلسلة إلى المعلول الأخير، وحينئذ لا يمكن أن يوجد شيئان إلا ويكون أحدهما علة للآخر بتوسط أو بغير توسط قالوا : إنما قلنا : إن الواحد لا يصدر عنه من جهة

واحدة إلا واحد؛/ أما إذا تكثرت الجهات فقد يصدر عنه من تلك الجهات كثرة ولا يكون ذلك مناقضاً لقولنا : لا يصدر عنه إلا واحد. قالوا : والمعلول الأول الذى هو عقل أول فيه جهات كثيرة. أحداها وجوده الصادر عن المبدأ الأول، والثانى ماهيته التى تقتضيها غيريته للأول والثالث علمه بالأول، والرباع علمه بنفسه. قالوا: ويمكن أن يصدر عنه من هذه الجهات أربعة أشياء : عقل ثان وهيولى وصورة يتركب عنهما فلك هو أعظم الأفلاك ونفس تدبر ذلك الفلك وحركة ثم يصدر عن ذلك العقل عقل وفلك ونفس، وهكذا إلى أن تصير العقول عشرة والأفلاك تسعة، وتصدر عن العقل الأخير هيولى عالم الكون والفساد والصور المتعاقبة منها على تفصيل ذكروه. قيل لهم هذه الجهات التى فى العقل الأول أن كانت موجودات متغايرة، فقد صدر عن المبدأ الأول كثرة وأن لم تكن موجودات فكيف يعقل صدور أشياء عن شيء واحد من جهات لا وجود لها ؟ ثم أنكم تقولون : أن الأفلاك كثيرة وفيها كواكب ثابتة لا تحصى وكواكب سيارة فجميع هذا من أين جاء؟ وما عللها ؟ وطال التنازع فيه بين الفريقين كما هو المشهور بين النظار."[٤٨] ذلك هو سؤال الفيض كما صاغه نصير الدين الطوسي.

و كان برهان نصير الدين الطوسى على نظرية ابن سينا فى صدور التعدد، عن المبدأ الأول، أنه افترض إمكان أن يصدر عن المبدأ الأول، كثرة غير مرتبة بوسائط محدودة، بمعنى أن علة واحدة هى التى تعلل، بشكل مستقل، كل معلول على حدة. ومع أن هذا البرهان قد أفقر المحتوى الوجودى للتعدد، فقد صار التعدد بلا تعقد. كانت فكرة الطوسى هى حل هذه المشكلة بالتحليل التوافيقي. وكان من شروط تطبيق التحليل التوافيقى الاستغناء عن متغير الزمان.

و افترض نصير الدين الطوسى :

١) المبدأ الأول[٤٩] أ ومعلولة الأول ب وهو فى أولى مراتب المعلولات؛

٢) ثم يصدر ج عن أ مع ب : العقل الثاني

٣) ثم يصدر د عن ب وحده : الفلك السماوي.

فهما -أى ج ود- فى ثانية مراتبها وهما معلولات غير مترتبين، أى ليس أحدهما علة للآخر. ومجموع المعلولات + العلة الأولى = أربعة عناصر هى : أ ب ج د ويسميها الطوسى بالمبادئ، وإزدواجاتها الثنائية ستة هى أب أج أد ب ج ب د ج د والثلاثية أربعة: أبج أبد أجد بجد، والرباعية واحدة وهى مجموع ابجد، والجميع خمسة عشر عنصراً.

ولجأ الطوسى هنا إلى "حساب الجمل". وجمعت هذه الحروف فى كلمات وجمل تيسر حفظ ترتيبها، أبجد هوز حطى كلمن سعفص قرشت ثخذ ضظغ، ذلك الترتيب الذى سجله "إخوان الصفا"، و"مفاتيح العلوم"، وهى قيم الحروف العددية : الآحاد أ = ١؛ ب=٢؛ ج=٣؛ د=٤؛ هـ = ٥؛ و=٦؛ ز=٧؛ ح=٨؛ ط=٩؛ العشرات : ى = ١٠؛ ك=٢٠؛ ل=٣٠؛ م=٤٠؛ ن=٥٠؛ س=٦٠؛ ع=٧٠؛ ف=٨٠؛ ص=٩٠؛ المئات : ق=١٠٠؛ ر=٢٠٠؛ ش=٣٠٠؛ ت=٤٠٠؛ ث=٥٠٠؛ خ=٦٠٠؛ ذ=٧٠٠؛ ض=٨٠٠؛ ظ=٩٠٠؛ الآلاف : غ=١٠٠٠. وكشف سبط المارديني، فى كتابه "دقائق الحقائق فى حساب الدرج والدقائق" عن ترتيب آخر.

و بالإمكان أن يصدر، فى منظومة الطوسي، عن كل واحدة من هذه - مفرده كانت أو مزدوجة - معلول إلا من واحده ومن ب وحده ومن أب معاً فإن معلولات هذه الثلاثة مذكورة فى المرتبتين الأولى والثانية - فيبقى أثنا عشر منها اثنان فرادى هما ج ود وخمسة ثنائية وأربعة ثلاثية وواحد رباعى، ومعلولاتها اثنا عشر وهى فى ثالثة مراتب المعلولات من غير أن يتوسط البعض فى صدور البعض. ذلك هو ما يعرض له نصير الدين الطوسى فى شرحه على "الإشارات والتنبيهات" لابن سينا، كما فى بحثه "فى بيان كيفية صدور الأشياء الغير المتناهية عن المبدأ الأول الواحد".

ثم فى المرتبة الرابعة تحصل معلولات يزيد عددها على ٦٥٠٠٠. ويقدم نصير الدين الطوسى لذلك بمقدمة هى أنه : إذا اعتبرنا فى الأثنى عشر الأفراد والأزدوجات ثنائية وثلاثية وما زاد عليها إلى اثنى عشر حصل لنا أربعه آلاف (ومائتان) وخمسة وتسعون عدداً منها حاصل الأفراد ١٢ وحاصل الثنائيات ٦٦ وحاصل الثلاثيات ٢٢٠ وحاصل الرباعيات ٤٩٥ وحصل الخماسيات ٧٩٢ وحاصل السداسيات ٩٢٤ وحاصل السباعيات مثل الخماسيات - إذ ترك فيها خمسة من الأعداد الأثنى عشر كما أن فى الخماسيات أخذ خمسة، وكذلك الثمانيات مثل الرباعيات والتساعيات مثل الثلاثيات والعشريات مثل الثنائيات والأحد عشريات مثل الأفراد ولأثنا عشرى واحد لا غير.

و يضع لبيان ذلك الأثنى عشر وهى هـ وز ح ط ى يا يب يج يد يه يو، فظاهر أن أفرادها ١٢ فقط، وان ثنائياتها تحصل من انضمام هـ مع كل واحد مما عداه وهو ١١ ثم من انضمام ومع كل واحد مما بعده وهو ١٠ وهكذا بعد ووالمجموع يحصّل الأعداد المتوالية من واحد إلى أحد عشر وهو ٦٦ لا غير وهو حاصل الثنائيات.

وأما الثلاثيات فتحصل من انضمام هـ مع ووهما مع واحد واحد من الباقية وهى ١٠ ثم من انضمام هـ مع ز وهما مع واحد واحد مما بعدهما وهى ٩ وهكذا الى أن تتم الأعداد ويحصل عدد يتركب من الواحد إلى العشرة على التوالى وهو ٥٥ يكون هـ أحد أجزاء جميعها ثم نخلى عن هـ ونعتبر ومع ز وهما مع واحد

واحد من الباقية يحصل ٩ ومن اعتبار ومع ح وهما مع واحد واحد مما بعدهما يحصل ٨ وهكذا إلى الآخر ويحصل عدد يتركب من الواحد إلى التسعة على التوالى وهو ٤٥ وعلى هذا القياس يعتبر بعد وويحصل لنا أعداد مركبه من الواحد إلى الثمانية ومن الواحد إلى السبعة إلى أن ننتهى إلى الواحد وحده فتكون الأعداد جميعها هذه نه مه لو كح كا يه ى وج أ ومجموعهما ٢٢٠. وذلك هو حاصل الثلاثيات. وأما الرباعيات فتكون فى الاعتبار الأول هـــ وز مع واحد واحد من التسعة الباقية، ثم اعتبار هـــ ومع اثنين اثنين مما بعدهما، ثم اعتبار هـــ مع ثلاثة ثلاثة، يحصل ما يخرج من الواحد منضماً إلى الأعداد المتوالية التى بعدها إلى تسعه، ثم منه إلى ثمانيه، ثم منه إلى سبعه وهكذا إلى الواحد وحده، وتحصل من الجميع هذه الأعداد المتوالية قسه فكـــ فد نو له كـــ ى د أ / ومجموعها ٤٩٥ هو حاصل الرباعيات.

وعلى هذا القياس يعمل نصير الدين الطوسى فى طلب الأزدواجات الخماسية وتحصل هذه الأعداد متوالية فى آخر العمل شل رى قكو ع له يه هـــ أ ومجموعها ٧٩٢ وهو حاصل الخماسيات.

و يبحث نصير الدين الطوسي، من جهة أخرى، فى طلب الأزودجات السداسية مثل ذلك، فتحصل هذه الأعداد تسب رنب قكو نو كا وأ، ومجمعها ٩٢٤ وهو حاصل السداسيات. وقد ذكر نصير الدين الطوسى أن السبعايات تكون مثل الخماسيات والثمانيات مثل الرباعيات والتساعيات مثل الثلاثيات والعشاريات مثل الثنائيات والأحد عشريات مثل الأفراد والأثنا عشرى واحد لا غير، والمجموع ما ذكره من العدد فهذا ما أراد الطوسى تقديمه. وما أراد تقديمه فى لغة رشدى راشد الرياضية الرمزية الحديثة إنما هو ما يلى :

عدد توافيق لـِ ن عنصراً تساوي[٥٠] :

$$\sum_{a=j}^{n} \binom{n}{k}$$

و لحساب هذا العدد، لجأ الطوسى للمعادلة :

$$\binom{n}{k} = \binom{n}{n-k}$$

و من هنا فبالنسبة لـِ ن = ١٢، يحصل على ٤٠٩٥، ويسجل رشدى راشد أنه لاستنباط هذه الأعداد، يستخدم الطوسى هنا تعبيرات الجمع بالتوفيق بين أحرف الأبجدية كما أسلفنا فى سياق الحديث على مجموع المعلولات + العلة الأولى = أربعة عناصر هى : أ ب ج د ويسميها الطوسى بالمبادئ، وازدواجياتها الثنائية ستة هى أب أج أد ب ج ب د ج د والثلاثية أربعة: أبج أبد أجد بجد.

ثم يعود الطوسى إلى المقصود، أى إلى حساب عدد عناصر المرتبة الرابعة. وقال : إذا اعتبرنا المبادئ الأربعة المذكورة مع الأثنى عشر كائناً الذى فى المرتبة الثالثة أفراداً وثنائيات وثلاثيات إلى الستة عشر التى هى المجموع حصلت تركيبات كثيرة عددها ما ذكره، أما اعتبار الآحاد فرادى فلا يزيد على ١٢ وهى معلولات العد الذى فى المرتبة الثالثة لأن المبادئ لا يجوز أن تصير مرة أخرى مبادئ الشيء من المعلومات. وأما الثنائيات فحاصلها من اعتبار الأثنى عشر ٦٦ كما مر، ويحصل من انضمام كل واحد من المبادئ مع واحد واحد من الأثنى عشر ما يحصل من ضرب أربعه فى ١٢ وهو ٤٨ والجميع ١١٤ لا نزيد عليه. وأما الثلاثيات فحاصل الثلاثيات الأثنتى عشريه ٢٢٠ والحاصل من انضمام كل واحد (واحد) من المبادئ إلى الواحد واحد من حاصل الثنائيات الأثنتى عشرية ما يحصل من ضرب أربعه فى ٦٦ وهو ٢٦٤ ومن انضمام كل أثنين من المبادئ إلى كل واحد من الأثنى عشر ما يحصل من ضرب ستة فى ١٢ وهو ٧٢ والمجموع ٥٥٦ لا نزيد عليه. وأما الربعيات فحاصل الربعيات الأثنتى عشريه ٤٩٥ والحاصل من انضمام كل واحد من المبادئ إلى حاصل الثلاثيات الذى هو ٢٢٠ ما يحصل من ضرب أربعه فيه وهو ٨٨٠ ومن انضمام كل أثنين من المبادئ إلى حاصل الثنائيات الذى هو ٦٦ ما يحصل من ضرب ستة فيه وهو ٣٩٦ ومن انضمام ثلاثة من المبادئ إلى حاصل الأفراد – وهو ١٢ ما يحصل من ضرب أربعه فيه، وهو ٤٨ والمجموع ١٨١٩ لا نزيد عليه.و أما الخماسيات فحاصلها الأثنا عشرى ٧٩٢ والحاصل من انضمام كل وأما الخماسيات فحاصلها الأثنا عشرى ٧٩٢ والحاصل من انضمام كل واحد من المبادئ إلى حاصل الرباعيات ما يحصل من ضرب أربعه فى ٤٩٥ وهو ١٩٨٠ ومن انضمام كل اثنين منها إلى حاصل الثلاثيات ما يحصل من ضرب ستة فى ٢٢٠ وهو ١٣٢٠ ومن انضمام كل ثلاثة منها إلى حاصل الثنائيات ما يحصل من ضرب أربعه فى ٦٦ وهو ٢٦٤ ومن انضمام المبادئ الأربعة إلى حاصل الأفراد ما يحصل من ضرب واحد فى ١٢ وهو ١٢ والمجموع ٤٣٦٨. وأما السداسيات فحاصلها الأثنا عشرى ٩٢٤ ومن انضمام واحد واحد من المبادئ إلى حاصل الخماسيات ٣١٦٨ ومن أثنين اثنين إلى حاصل الربعيات ٢٩٧٠ ومن ثلاثة ثلاثة إلى حاصل الثلاثيات ٨٨٠ ومن الأربعة إلى حاصل الثنائيات ٦٦ والمجموع ٨٠٠٨. وأما السباعيات فحاصلها الأثنا عشرى ٧٩٢ والحاصل من انضمام آحاد المبادئ إلى حاصل السداسيات ٣٦٩٦ ومن انضمام ثنائياتها إلى حاصل الخماسيات ٤٧٥٢ ومن ثلاثياتها إلى حاصل الرباعيات ١٩٨٠ ومن أربعتها إلى حاصل الثلاثيات ٢٢٠ والمجموع ١١٤٤٠.و أ ما الثمانيات فحاصلها الأثنا عشرى ٤٩٥ والحاصل من آحاد المبادئ مع حاصل السباعيات ٣١٦٨ ومن ثنائياتها مع حاصل السداسيات ٥٥٤٤ ومن ثلاثياتها مع حاصل الخماسيات ٣١٦٨ ومن أربعتها مع حاصل الرباعيات ٤٩٥ والمجموع ١٢٨٧٠.

و أما التساعيات فحاصلها الأثنا عشرى ٢٢٠ والحاصل من آحاد المبادئ مع حاصل الثمانيات ١٩٨٠ ومن ثنائياتها مع حاصل السباعيات ٤٧٥٢ ومن ثلاثياتها مع حاصل السداسيات ٣٦٩٦ ومن أربعتها مع حاصل الخمسايات ٧٩٢ والمجموع ١١٤٤٠.و أما العشريات فحاصلها الأثنا عشرى ٦٦ والحاصل من أحاد المبادئ مع حاصل التساعيات ٨٨٠ ومن ثنائياتها مع حاصل الثمانيات ٢٩٧٠ ومن ثلاثياتها مع حاصل السباعيات ٣١٦٨ ومن أربعتها مع حاصل السداسيات ٩٢٤ والمجموع ٨٠٠٨. وأما الأحد عشريات فحاصلها الأثنا عشرى ١٢ والحاصل من آحاد المبادئ مع حاصل العشاريات ٢٦٤ ومن ثنائياتها مع حاصل التساعيات ١٣٢٠ ومن ثلاثياتها مع حاصل الثمانيات ١٩٨٠ ومن أربعتها مع حاصل السبعيات ٧٩٢ والمجموع ٤٣٦٨. وأما الأثنا عشريات فحاصلها الأثنا عشرى واحد والحاصل من آحاد المبادئ مع حاصل الأحد عشريات ٤٨ ومن ثنائياتها مع حاصل العشريات ٣٩٦ ومن ثلاثياتها مع حاصل التساعيات ٨٨٠ ومن أربعتها مع حاصل الثمانيات ٤٩٥ والمجموع ١٨٢٠.وأما الثلاثة عشريات فليس لها حاصل اثنا عشرى والحاصل من آحاد المبادئ مع حاصل الأثنا عشرى أربعه ومن ثنائياتها مع حاصل الأحد عشريات ٧٢ ومن ثلاثياتها مع حاصل العشريات ٢٦٤ ومن أربعتها مع حاصل التساعيات ٢٢٠ والمجموع ٥٦٠.

وأما الأربعة عشريات فليس لها حاصل اثنا عشرى ولا حاصل مع آحاد المبادئ والحاصل من ثنائيات المبادئ مع الحاصل الأثنا عشرى ستة ومن ثلاثياتها مع حاصل الأحد عشريات ٤٨ ومن أربعتها مع حاصل العشاريات ٦٦ والمجموع ١٢٠.

وأما الخمسة عشريات فليس لها حاصل اثنا عشرى ولا حاصل مع آحاد المبادئ وثنائياتها والحاصل من ثلاثياتها مع حاصل الأثنا عشرى أربعه ومن أربعتها مع حاصل الأحد عشريات ١٢ والمجموع ١٦، وأما الستة عشريات فواحد لا غير.

فإذن حصل لها من هذه الأزدوجات هذه الأعداد الأفراد ١٢ والثنائيات ١١٤ الثلاثيات ٥٥٦ الرباعيات ١٨١٩ الخماسيات ٤٣٦٨ السداسيات ٨٠٠٨ السباعيات ١١٤٤٠ الثمانيات ١٢٨٧٠ التساعيات ١١٤٤٠ العشاريات ٨٠٠٨ الأحد عشريات ٤٣٦٨ الأثنا عشريات ١٨٢٠ الثلاثة عشريات ٥٦٠ الأربعة عشريات ١٢٠ الخمسة عشريات ١٦ الستة عشريات ١ ومجموعها ٦٥٥٢٠ عدداً.

و لكى يصل إلى المجموع ٦٥٥٢٠ عدداً، يلجأ الطوسي، فى لغة رشدى راشد، إلى تعبير يكافيء التعبير التالي[٥١] :

$$(*)\sum_{u=0}^{m} \binom{m}{k}\binom{n}{p-k}.pour 1 p 16.m = 4.n = 12.$$

و قيمته هى المعامل الحدانى التالى : $\binom{m+n}{p}$

و هى أعداد المعلولات -عدا أ وب وأب- التى يمكن إن تقع فى المرتبة الرابعة للمعلولات من غير المبدأ الأول من غير توسيط البعض للبعض. وقد تبين له من ذلك إمكان صدور الكثرة العديدة عن المبدأ الأول بشرط أن لا يصدر من واحد إلا واحد من غير أن تكون المعلولات متسلسلة، وذلك ما أراد بيانه فى هذه المسألة.

و كان لنجاح الطوسى فى بيان مسألة ابن سينا الوجودية، بياناً توافيقيا، نتيجتان أثرتا فى نظرية ابن سينا وفى التحليل التوافيقى معاً :

١) التفريق بين التعدد والتعقد؛

٢) التفريق بين الوجود وتمثيل الوجود.

وأيدت هذه الفروق "الشكلية"، كلام ابن سينا حول "الشيء". وفى الفصل الثانى من الباب الثالث، نوضح مسألة "الشيء" لدى ابن سينا. فقد صار المجهول المسمى تارة بالجذر أو الشيء، لدى ابن سينا، لا يقتصر على المعنى الأفلاطوني-الأرسطى القديم بل انطوى على معنى وجودى متميز، بدافع جزئى من التجديد الرياضى المتميز. صار الشيء موضوع المحمول فى العبارة. ومن هنا رادف الموجود الشيء ولزمه، لكن الشيء لم يرادف الموجود، وإن كان من المحال ألا يقع الشيء فى الموضوع ولا فى المحمول.

و مما زاد من شكلانية الإجراء إمكانية الإشارة إلى الموجودات، بما فى ذلك المبدأ الأول المشار إليه بالحرف أ، بلغة حروف الأبجدية. كان ابن سينا فى رسالته النيروزية قد لجأ إلى الترميز نفسه لكن بفرقين محددين :

١) الترتيب المنطقي-الأبجدى ؛

٢) لجأ إلى القيم العددية للحروف (أ = ١؛ ب = ٢؛...).

اقتبس الطوسى الترتيب نفسه من ابن سينا، المبدأ الأول = أ...، لكنه تخلى عن التريب لصالح القيمة التوافقية للرمز. واستغنى عن القيمة العددية للحرف لإقامة التحليل التوافيقي. ترجم الطوسى نظرية ابن سينا فى الفيض فى لغة شكلانية. وأظهر بذلك اتجاها كامنا فى نظريات ابن سينا الميتافيزيقية-المنطقية. ولم يكن

من الممكن بالنسبة لمؤرخ الرياضيات أن لا يعبأ بالتطور الثاني، أى بتطور التحليل التوافيقى الرياضى نفسه. فنحو آخر القرن العاشر الميلادي، حين تصور الكرجي، المثلث العددي، وصاغ قانونه فى التشكيل ونظريته فى التطور عبر مخرج ذو حدين، أقام الكرجى هذه التعابير بواسطة برهان تراجعى قديم. وكانت النظريات الجبرية تحمل معنى ضمنيا توافيقيا. ولجأ التابعون إلى هذا المعنى من دون إظهاره. بل عرض الطوسى لهذه القواعد الكرجية (=الكرجي)، فى كتابه عن "جوامع الحساب"، من دون بيان هذا المدلول الضمني. ومنذ القرن الثامن الميلادي، منذ الخليل ابن أحمد، كان المعجميون واللغويون يستعملون الأدوات التوافيقية من دون برهان. مع ذلك وعلى خلاف الرياضيين، كان المعجميون واللغويون العرب يؤكدون على الطبيعة التوافيقية لتلك الأدوات. والتقى هذان التطوران -منذ القرن الثامن الميلادى والقرن العاشر الميلادي- فى نص الطوسى وأسسا للتحليل التوافيقى بوصفه فصلا مستقلا قائما بنفسه ولذاته من فصول علم الرياضيات. وأصبحت النظريات الجبرية تنطوى على معنى توافيقى بين.

رابعا : التحليل التوافيقى فى فلسفة إبراهيم الحلبى

سبق أن أشرنا فى هذا الفصل إلى تطبيق العلماء التحليل التوافقى فى ميدان الجبر والدراسات اللغوية والفلسفية. ومنذ بداية القرن الثامن عشر الميلادي، شرع جاك برنوللى ومونمور فى صياغة التحليل التوافقى فى أفق العلم الجديد ومسائل التجزئة لمجموعة وقائع من دون مجموعة الأعداد. وسبق للجبريين واللغويين أن انتجوا بعض طرائق هذا التحليل واستخدموها. هكذا اكتشف الرياضيون واللغويون العرب التحليل التوافيقى. وكان العلماء العرب يفككون عناصر تصور التحليل التوافيقى. وفى حين أن الجبرى كان لا يرى فى وسيلة عالم اللغة وسيلته الخاصة، فإن عالم اللغة كان يركب من جهته تلك العناصر التى سبق للجبرى أن امتلكها. فإن هذا الوعى النظرى المجزأ كان منفصلاً فى العلوم العربية. ولم يدل دلالة خاصة على التحليل التوافيقى. فبدا عالم اللغة وكأنه يكتشف طرقًا توافيقية اكتشافاً حراً غير مقيد بالجبر وكشوفه السابقة. أما الجبرى فكان يسمى بعض الطرائق التى لم تكن قد أصبحت بعد نشاطًا معينًا باسم "التحليل التوافيقى". غير أن التساؤل حول التجزئة فى الوعى النظرى - وحدة التحليل التوافيقى - يفرض التفريق بين مشروعات اللغة العلمية والمشروعات الجبرية. فإذا كان التحليل التوافيقى عند اللغوى هو وسيلة لتنظير ممارسة قديمة، فهو لا يشكل فى نهاية الأمر عند الجبرى سوى وسيلة تقنية يؤسس عليها مسألة نظرية، أى تصورًا آخر للجبر أو مشروعًا لجبر مستقل بذاته. إن التحليل التوافيقى وسيلة لدى الجبرى واللغوى معًا. ويبدو مرة كوسيلة لحل نظرى لمسألة تطبيقية. يبدو مرة ثانية كوسيلة منتجة فى الحل التطبيقى لمسألة نظرية. إن اختلاف الأهداف هو السبب فى تجاهل كل من الجبرى واللغوى أحدهما للآخر. إن الاتجاه اللغوى والجبرى للتحليل التوافيقى مهما

بديا مختلفين، فهما غيّرا الصلات بين تصورى العلم والفن. ودل تأسيس استقلال الجبر على تأسيسه كعلم. وعاد ذلك إلى الإقرار بأن كل علم هو فن، وإلى أن العلم قد يظهر من دون أن يؤكد على موضوع محدد، لأنه يقارب موضوعات عدة – الحساب والهندسة، تمثيلا لا حصراً. وعاد هذا التأسيس وذلك الاستقلال للجبر إلى الإقرار بأن كل علم قد يظهر من دون أن يؤكد على أنه علم. إن عالم اللغة بفهمه للمقاربة النظرية لفن ما، كفن المعجمى، تمثيلا لا حصرا، قد ألغى فرقاً قديمًا بين العلم والفن، بين الروح العملى للعلم العربى والروح النظرى للعلم الإغريقى، ذلك الفرق الذى أسس له إرنست رينان وبيار دوهيم وبول تانّري.

وغالبًا ما عاد اللجوء الأول إلى التحليل التوافيقى فى الجبر إلى القرن الحادى عشر الميلادي، وينسب على وجه الدقة إلى نص مفقود لعمر الخيام (١٠٤٨ – ١١٣١). تلك هى وجهة النظر التى يرجّحها مؤرخو الرياضيات. وأما فى تاريخ رشدى راشد للرياضيات العربية وفلسفتها، فقد بين المؤرخ الاهتمام الفريد بالتحليل التوافيقى لتوسيع الحساب الجبرى واستخراج الجذور منذ النصف الأول للقرن العاشر الميلادي، كما ورد فى بحوث أبى الوفاء (٨٩٨– ٩٤٠) والبيرونى (٩٧٣ – ١٠٤٨)، ومع هذا فإن واقع التحليل التوافيقى فى تاريخ الرياضيات لم يفسر التفسير الجديد به قبل تأريخ رشدى راشد للرياضيات العربية وفلسفتها.

فى هذا الإطار الجديد، مثلت رسالة إبراهيم الحلبي، الفلسوف-الرياضى المتأخر، فى استخراج أعداد الاحتمال التقريبية من أى عدد كان، أول رسالة عن التحليل التوافيقى فى تاريخ الرياضيات. وفى الفصل عن الاحتمالات التقريبية جميعا، وفى الرسالة كلها بعامة، استند إبراهيم الحلبى إلى بحث نصير الدين الطوسى بوصفه منهجا لإقامة التوافيق. وقد صاغ نصير الدين الطوسى (فى طوس ١٢٠١م– فى بغداد ١٢٧٣م {٥٩٧هـ–٦٧٢هـ})، كما أسلفنا من قبل، العلاقة بين الرياضيات والفلسفة النظرية، صياغة نوعية. فقد اقتبس الفيلسوف من الرياضيات أداة لحل مسألة منطقية–ميتافيزيقية. وقد أثر حل المسألة المنطقية–الميتافيزيقية بدورها فى تاريخ الرياضيات وتقدمها. وكان التبادل بين التوافيق والميتافيزيقا نموذجاً دالاً على هذه الحركة المزدوجة بين الرياضيات والفلسفة. ووجد الطوسى فى نظرية ابن سينا عن صدور الكثرة عن الواحد وسيلة لتطبيق التوافيق الجبرية على نظرية الفيض الميتافيزيقية.

و انطلق إبراهيم الحلبى من التعبير التالى : تعريف الاحتمالات التقريبية فى إطار قواعد الحساب المطابقة:

a) المادة، مادة الاحتمالات من *k ième* جنس، أى التوافيق من دون تكرار وهى التوافيق المعطاة سلفا فى القاعدة السابقة؛

b) مجموع المادة والصورة لاحتمالات *k ième* جنس، أى الترتيبات من دون تكرار؛

c) صورة الاحتمالات من *k ième* جنس : يكفى طرح المادة من المادة والصورة (*b*)؛

d) صورة الاحتمالات بغض النظرعن الجنس، أى التبديلات لِ نون موضوعات، أى $n!=n(n-1)!$:

e) المادة، الصورة وتكرار احتمالات *k ième* جنس، أى الترتيبات بتكرار لِ نون موضوعات مأخوذة *k* بوصفها *k*.

استخدم الحلبى المعجم نفسه الذى سبق أن استخدمه نصير الدين الطوسى : احتمالات، تكرار. واستخدم الحلبى المعجم نفسه الذى سبق أن استخدمه أرسطو : المادة، الصورة. وبعد وضع هذه القواعد، كتب الحلبى يقول إنه لتحديد الاحتمالات المادية، أى لتحديد التوافيق من دون تكرار، هناك منهج لتحديد العقول العرضية. هنا يقتبس الطوسي. ويرسم المثلث العددى حتى ١٢ ويجمع عناصر الاحتمالات البسيطة لاستخلاص العدد ٤٠٩٥ الذى كان الطوسى قد أشار إليه الطوسى من قبله. ويسمى الاحتمالات المركبة ويقول إن مجموع التعابير = الاحتمالات البسيطة + الاحتمالات المركبة. من هنا ابتعد الحلبى درجة عن الطابع الوجودى لميتافيزيقا ابن سينا كما سبقه إلى ذلك نصير الدين الطوسى وإن كان المصدر الأصلى فى الاتجاه نحو التحليل التوافيقى هو السؤال الميتافيزيقي.

بدأ إبراهيم الحلبى بطرح السؤال حول المناهج المختلفة الممكنة لدراسة "الاحتمالات التركيبية". وكان هدفه واضحاً ألا وهو تحديد عدد الاحتمالات المتوافقة لعدد ما من الموضوعات. واستبعد المنهج التجريبى فى العد، لأن لا يقدم أية قاعدة عامة، وإن كان فعالا فى الحالات البسيطة. ويقوم هذا المنهج على عد مجموع ثلاثة عناصر (*a, b, c*)، تمثيلا لا حصراً، وفى هذه الحال تنهض سبعة "احتمالات متوافقة"، ألا وهى : { *a, b, c, ab, ac, bc, abc*}. والمسألة واضحة فى حال مجموع ن عنصراً. وأما المنهج الثانى فهو يقدم قاعدة عامة. وهى تعادل التعبير : $u_n = 2u_{n+1} + 1$ مع u_n هى مجموع الاحتمالات المتوافقة فى ن عنصراً. وفى لغة الرياضيات الحديثة[٥٢] :

$$u_n = \sum_{a=j}^{n} \binom{n}{k}$$

و ينهض هذا المنهج على القاعدة المعروفة منذ القرن العاشر عشر الميلادى على النحو التالى :

$$\binom{n}{k} = \binom{n-1}{k-1} + \binom{n-1}{k}$$

لكن الحلبى استبعد هذا المنهج، الذى يقضى باستخدام حساب معقد، حساب كل $1\ I\ n\text{-}1\ u_j$ ولتعريف منهج أفضل، انطلق الحلبى أولياً من التعبير :

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} 1kn,$$

مع العلم بأن :

$$\binom{n}{k} = \binom{n}{n-k}$$

و مع العلم أيضا بأن

$$\binom{n}{n-r} = 0; \binom{n}{n} = \binom{n}{0} = 1.$$

بعد ذلك يحد "احتمالات متوافقة" عدة، مع قواعد الحساب المطابقة. من هنا لدينا، كما أسلفنا من قبل، :

a) المادة، مادة الاحتمالات من k *ième* جنس، أى التوافيق من دون تكرار وهى التوافيق المعطاة سلفا فى القاعدة السابقة؛

b) مجموع المادة والصورة لاحتمالات k *ième* جنس، أى الترتيبات من دون تكرار :

$$A_n^k = K!\binom{n}{k} = \frac{n!}{(n-k)!}$$

c) صورة الاحتمالات من k *ième* جنس : يكفى طرح المادة من المادة والصورة (*b*)؛

d) صورة الاحتمالات بغض البصر عن الجنس، أى التبديلات ل نون موضوعات، أى $n! = n\ (n-1)...1$؛

e) المادة، الصورة وتكرار احتمالات k *ième* جنس، أى الترتيبات بتكرار لـ" نون" موضوعات مأخوذة k بوصفها k، أى nk.

و يسجل رشدى راشد، كما أسلفنا، أن المعجم التقنى للغة التحليل التوافيقى الذى يستخدمه الحلبي، فى تلك "الرسالة" التى يستند إليها رشدى راشد فى تحليله، أقول يسجل رشدى راشد أن معجم الحلبى يتكون من ألفاظ مركبة سبق أن استخدمها الطوسي، ومن ألفاظ من إبداعه هو، كلفظ "الاحتمالات"، و"التكرار"، ومن ألفاظ مقتبسة من لغة أرسطو، كلفظ "المادة"، و"الصورة"، وهما اللفظان اللذان يفرضان عليه مسائل غريبة عن موضوع بحثه، بعبارة أخرى، هما اللفظان اللذان يفرضان عليه مسائل ثانوية فى هذا السياق، بل يثيران الغموض حول العرض، وبخاصة حين يثير السؤال حول الفصل بين المادة والصورة.

و بعد وضع هذه القواعد، كتب الحلبي، بحسب نقل رشدى راشد، يقول إنه لتحديد "الاحتمالات المادية"، أى لتحديد التوافيق من دون التكرار، هناك منهج آخر سبق أن ورد بشأن تحديد "العقول العرضية". وهنا يورد نص الطوسي، تارة بالكلام، وتارة أخرى، بالحساب. ومن هنا يرسم المثلث الحسابى حتى العدد ١٢، ويجمع عناصر القطر، التى يسميها "الاحتمالات البسيطة"، لكى يصل إلى العدد ٤٠٩٥، الذى سبق أن أورده الطوسي، ويسمى "الاحتمالات المركبة" ما يلي[٥٣] :

$$(**)(\sum_{A=1}^{m} \binom{m}{k})(\sum_{j=1}^{n} \binom{n}{j})\, M=4.n=12,$$

و يبين أن حاصل جمع (*) هو حاصل جمع الاحتمالات البسيطة والاحتمالات المركبة. ويجرى الحلبى حسابات أخرى على المعطيات التى سبق أن حددها الطوسي، ونظر فى نص سلفه. وهو يتعلق كله بالخواص التوافيقية بوجه خاص. وقد بدأ المحتوى الوجودى فى نص الطوسى رحلته إلى الزوال ثم تأكد هذا الزوال تماما فى مخطوطة الحلبي، الذى لم يبق إلا على مناهج التحليل التوافيقى والنتائج الضرورية للتحليل التوافيقي. وبالتالى فالشكل الصورى الذى اتخذته نظرية ابن سينا والاتجاه نحو علم الوجود الشكلي، قد مكنا الطوسى من أن يتصور حلا رياضياً للمسألة الميتافيزيقية. وقد دخل هذا الحل فى نسيج البحث الرياضى نفسه بصرف النظر عن المسألة الميتافيزيقية التى ولدته. وكان ذلك ممكنا نتيجة قدرة الكائنات التوافيقية على أن تكون عقولا منفصلة بعدد كبير محدود.

لكن زال المحتوى الوجودى لنظرية الفيض، فى البحث الرياضى من ابن سينا إلى الحلبي، لصالح المناهج التوافيقية، وإن صدرت هذه المناهج، فى الأصل، عن مشروع وجودي. لكن وحد الطوسى التيار اللغوى والتيار الرياضي، وأسس لهذا التيار، وللتحليل التوافيقي. وإن كان الحلبى رياضيا من الدرجة الثانية، فقد أمن الوجود المستقل لهذا الفصل من فصول الرياضيات، حين خصص له رسالة مستقلة، وسماه باسمه المعروف اليوم. لكن بين الطوسى والحلبي، كان هناك من استلهموا الطوسى أمثال كمال الدين الفارسى وابن البناء. وقد

سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب، فى الفقرة المتعلقة بالبحث الرياضى فى اللغة العربية، عن "الأعداد المتحابة، وأجزاء القواسم التامة، والأعداد الشكلية فى القرنين الثالث عشر الميلادى والرابع عشر الميلادي"، إلى أن معرفة أصل نظرية الأعداد ومتابعة تسلسلها فى القرنين السادس عشر الميلادى والسابع عشر الميلادي، تمثل معرفة تاريخية-رياضية إشكالية. وبدل أن يلجأ المؤرخ إلى تحديد هذه المشكلة يتخطى القرون ويضع باشيه دو مزرياك أو بيار فِرما بعد إقليدس وديوفنطس. فالمؤرخ، فى هذه الحال، لا يجتزىء التاريخ وحسب بل يزيف تقدير النتاج المجدد لهذا أو ذاك من حسابيّ القرنين السادس عشر الميلادى والسابع عشر الميلادي. فمنذ القرت التاسع عشر ظل ليونارد دو بيز المعروف بفيبوناتشى يعطل الجواب على هذه الأسئلة. فنصه البحثى الذى يحتوى على نتائج نظرية الأعداد كان قد عرفه الرياضيون مثل لوقا باشيولى. ولا ينكر رشدى راشد أن فيبوناتشى كان يعرف الرياضيات العربية، كما أن معرفة تاريخ هذه الرياضيات تؤسس لطرح مسألة أسلوب هذا العلم والمساهمة المجددة للقرن السابع عشر الميلادي. ثمة واقعتان تبرزان ضد الطرح العنصري، كشفت عنهما فى القرن التاسع عشر الميلادى أعمال وبيكو وكان بإمكانهما تنبيه المؤرخين ألا وهما : الحالة الأولى لمبرهنة بيار فِرما ومبرهنة ثابت بن قرة عن الأعداد المتحابّة. لقد برهن رشدى راشد عدم دقة وجهة النظر هذه حول تاريخ نظرية الأعداد فى التحليل الديوفنطسى للأعداد الصحيحة. رأى التحليل الديوفنطسى للأعداد الصحيحة النور فى القرن العاشر الميلادي. وقد تشكل بفضل الجبر الموسع منذ الحوارزمى وضده وفى ضوء قراءة إقليدية غير ديوفنطسية "لـــالمسائل العددية" لديوفنطس التى كاد قسطا بن لوقا أن ينهى ترجمتها. وقد عرض رشدى راشد لمساهمة للخجندى والخازن وابن الهيثم، وغيرهم فى القرن العاشر الميلادى فى إعداد التحليل الديوفنطسى الصحيح. وهناك مجال آخر من نظرية الأعداد وهو فصل شديد الارتباط بـــكتاب "الأصول" لإقليدس، أى دراسة أجزاء القواسم التامة، وهى دراسة ضرورية لدراسة الأعداد التامة والأعداد المتحابة بوجه خاص. وتبدو لرشدى راشد هذه الدراسة فى تاريخ النظرية الاولية للأعداد، دراسة نموذجية، لسببين:

١) تاريخ أجزاء القواسم التامة والأعداد المتحابة كان قد كتب مرات عدة بطريقة تبدو وكأنها نهائية من جهة؛

٢) يبدو هذا التاريخ كما يمكن أن نقرأه قد تطور من دون ارتباط بغيره من العلوم الرياضية مجردًا من أى مساهمة فعلية فى مجمل نظرية الأعداد. من هنا بين رشدى راشد أن تطبيق الجبر فى المجال التقليدى الإقليدسى لنظرية الأعداد أسس لنتائج متعددة مازالت تنسب حتى الآن إلى رياضى القرن السابع عشر الميلادى كمثل دراسة دالّتين حسابيتين أوليتين أو الأعداد الشكلية

والتحليل التوافيقى والأعداد المتحابة نفسها، مع أنها تعود إلى رياضيى القرن الثالث عشر الميلادي.

فى هذا الإطار كان هدف كمال الدين الفارسى من الأعداد المتحابة هو إعادة إثبات برهان نظرية ابن قرة. ولقد أسس هذا البرهان الجديد على معرفة منهجية لقواسم العدد الطبيعى والعمليات التطبيقية، مما قاده إلى إعادة تنظيم جذرية لهذا الفصل من نظرية الأعداد. فقد تجاوز كمال الدين الفارسى تغيير الحساب الإقليدى إلى إبداع موضوعات جديدة فى نظرية الأعداد. وكان عليه تعميق ما كان ابن قرّة قد قاربه وبخاصة التحليل التوافيقى وطرقه. كان من الضرورى إذن التحقيق فى تحليل عدد طبيعى إلى عوامله لإدخال الطرق التوافيقية ومعرفة عدد القواسم أو القواسم الفعلية. كان هدف كمال الدين الفارسى من الأعداد المتحابة هو بالتالى الاتجاه نحو دراسة جديدة للدوال الحسابية الأولية. وانفتح بحث كمال الدين الفارسى على ثلاث قضايا من قضايا ما سمى بعد ذلك بمبرهنة الحساب الأساسية.

وضعت مساهمتان فى نهاية القرن الثالث عشر الميلادى حدود معرفة الأعداد الشكلية موضع البحث، وهما :

١) مساهمة ابن البناء الجزئية؛

٢) مساهمة كمال الدين الفارسى العامة.

و يرجح رشدى راشد أن ابن البناء وكمال الدين الفارسى يقعان ضمن تقليد رياضى واحد.

بعد أن درس ابن البناء الأعداد المضلعة، قارب الأعداد المثلثة وتلك الصادرة عن مجاميعها أى الأعداد الشكليّة من الدرجة الرابعة، فأقام الصلة بين التوافيق المستخدمة فى المعاجم وبين الأعداد الشكلية. فأهم ما فى بحث ابن البناء هو النهج التوافيقى والصلة التى يقيمها جزئيًا بين الأعداد المتحابة والتوافيق. والمقصود فى المقام الأول الأعداد المثلثة وتوافيق p عنصر مأخوذة فى كل مرة اثنين اثنين، والأعداد الشكلية من الدرجة الرابعة وتوافيق p عنصر مأخوذة فى كل مرة ثلاثة ثلاثة. وحتى بداية القرن السابع عشر الميلادي، فإن باشيه دى مزرياك لم يتجاوز ذلك الإسهام لابن البناء. اقتصر ابن البنّاء على درجتين من الأعداد الشكلية واستنفد الصلة بين الأعداد الشكلية والتوافيق.

فى فصل توافيق نموذجين من الأعداد الشكلية، هدف ابن البنّاء إلى تبيان كيف يمكن للأعداد الشكلية أن تكون ذات نفع فى حساب "توافيق الكلمات الثلاثية" فى حقل المعجميين، واهمل تماماً أجزاء القواسم التامة،

وتخلى عن الأعداد المتحابة. وحين انصرف الرياضى إلى دراسة أجزاء القواسم التامة ومعرفة جميع التوافيق الضرورية لحساب عددها، انتقل لمستوى آخر من العمومية، ولا يعود بإمكانه التوقف قبل ما أسماه بليز باسكال فيما بعد "استعمال المثلث الحسابى للترتيب العددي". وقد كشف رشدى راشد عن كل هذا فى بحث كمال الدين الفارسي. فإن وضع الأعداد الشكلية يختلف جذريًا عن مسألة عدد أجزاء القواسم التامة. لم تعد القضية مسألة هذه أو تلك من الأعداد المضلعة أو الهرمية، بل هى الأعداد الشكلية من أى درجة كانت.

مثل كمال الدين الفارسى إذن، وابن البناء، وإبراهيم الحلبي، وغيرهم من الرياضيين الذين استلهموا طريقة الطوسي، أمثلة متعددة على فصل الفلسفة الرياضية فى الإسلام الكلاسيكي. كما مثل كمال الدين الفارسي، وابن البناء، وإبراهيم الحلبي، وغيرهم من الرياضيين الذين استلهموا طريقة الطوسي، أمثلة متنوعة على الدور الفعلى الذى تؤديه الرياضيات فى فلسفة الإسلام الكلاسيكي. ثالثا، مثل كمال الدين الفارسي، وابن البناء، وإبراهيم الحلبي، وغيرهم من الرياضيين الذين استلهموا طريقة الطوسي، أمثلة متباينة على الدور الفعلى الذى تؤديه الفلسفة فى هذا الفصل من ا' سيات فى اللغة العربية الكلاسيكية.

خامساً : العناصر الأولى للفلسفة الرياضية الجديدة

فى إطار تجديد الجبر عند السموأل بن يحيى بن عباس المغربي

(متوفى حوالى سنة ٥٧٠ هـ / ١١٧٥ م)

سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الأول من هذا الكتاب إلى الدور الذى لعبه الكَرَجى والسموأل بن يحيى بن عباس المغربى (متوفى حوالى سنة ٥٧٠ هــ / ١١٧٥ م)، فى تاريخ إعادة التأريخ للاستقراء الرياضي. أعاد الدارسون ككتابة تاريخ الاستقراء الرياضى مرات عدة منذ مطلع القرن العشرين، على نحو التقريب.

من جهته، عرض رشدى راشد لعناصر لم تنشر من قبل. وبين رشدى راشد أن هناك محاولات سبقت موروليكو وليفى بن جرسون، وهى محاولات الكرجى والسموأل. وأعاد رشدى راشد ككتابة تاريخ الاستقراء الرياضي. وصار تاريخ الإستقراء الرياضي، بوصفه من منجزات الكرجى والسموأل، لا من منجزات علماء القرن السابع عشر الميلادي. وبالتالى فهو الإمتداد المتطور لأعادة المؤرخين الغربيين ككتابة تاريخ الاستقراء الرياضى منذ مطلع القرن العشرين.

أشرنا فى الفصل الثانى من الباب الثانى إلى تحقيق رشدى راشد لمخطوطة ككتاب "الباهر"، الذى دقق فيه السموأل موقف الجبر فى القرن الثانى عشر الميلادي[٥٤]. وأسس ككتاب "الباهر" لدراسة بداية جديدة للجبر فى القرن الحادى عشر الميلادي. طور السموأل رياضيات الكرجي. فهو من جهة علامة غير عادية على وضع الجبر فى القرن الثانى عشر الميلادي، وهو من جهة ثانية، تعميق حسبنة الجبر التى بدأها الكرجي، مما أدى إلى كشوف جديدة وإلى تأريخ جديد لأربع مجالات أساسية فى تاريخ الحساب والجبر :

١) ضرب وقسمة القوى الجبرية؛

٢) نظرية قسمة متعددة الحدود؛

٣) حساب العلامات؛

٤) المعاملات الجبرية ذات مخرج ذو حدين وصيغة المخرج ذى حدين.

فى ضوء ذلك التاريخ والتحقيق الرياضيين، كشف رشدى راشد، لدى عالم الرياضيات السموأل، عن تفكير معين حول الرياضيات، أو عن فلسفة محددة فى الرياضيات لم تصدر عن فيلسوف إنما صدرت عن عالم رياضيات. لم يبن السموأل نظاما فلسفيا، إذا ما قورن بالنظم الميتافيزيقية الشهيرة فى ما سمى باسم القرون الوسطى فى التأريخ الغربى التقليدي. فهى نتاج الرياضى فى أثناء ممارسته الرياضيات. لذلك لم يذكره مؤرخو الفكر فى ما سمى باسم العصر الوسيط فى التواريخ التقليدية، الذين استحوذت عليهم الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو الفقه، أو ردة الفعـل التقليديـة على تلك الاتجاهات التى مثلها آنذاك ابن حزم[٥٥] وابن تيمية[٥٦]. وذلك مع أن الفكر فى ما سمى باسم العصر الوسيط الذى استحوذت عليه الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو علم أصول الفقه، استعار موضوعه، من بابوس أو برقلس، أى أن الفكر فى ما سمى باسم العصر الوسيط الذى استحوذت عليه الفلسفة التقليدية أو علم الكلام أو علم أصول الفقه، استعار موضوعه من التراث اليونانى القديم. ولم يغير أطر التفكير الإغريقي، لصالح فكر عربى متميز.و تغير أطر التفكير الإغريقي، لصالح فكر عربى متميز بدءا من الجبر. بدأ النظر فى الصلة التى تربط الجبر بالهندسة، وطريقة الجبر وتصنيف المسائل والقضايا. كان التوسيع التقنى تماما للحساب الجبرى الأداة الرئيسة والنتيجة الأولى لتحقيق مشروع الكرجي، الذى كان يعنى تطبيق الحساب على الجبر، وتأمين استقلال العمليات الجبرية، وفصلها عن الهندسة. وقد عارض بعض مؤرخى الرياضيات، فى ضوء هذا الروح التقنى أو العملى لدى الرياضيين العرب، بين الرياضيات العملية العربية وبين الرياضيات النظرية اليونانية. واقع الأمر أن تجديد الجبر أدى إلى فكرٍ جديد حول وضع هذا العلم. قبل السموأل لم يكن الجبر يحتل موقعاً معيناً فى "إحصاء العلوم" للفارابى

(ت ٩٥٠). انقسم العلم الرياضى لدى الفارابى إلى سبعة أجزاء عظمى أحصاها فى أول ككتاب "إحصاء العلوم" قائلا إن : " علوم التعاليم، وهى العدد والهندسة وعلم المناظر وعلم النجوم التعليمى وعلم الموسيقى وعلم الأثقال وعلم الحيل"(٥٧)، من دون ذكر علم الجبر. لم يكن الجبر يحتل موقعاً معيناً فى موسوعة ابن سينا (ت ١٠٣٧) للعلوم. انحصرت الرياضيات لدى ابن سينا على العلوم نفسها التى سبق أن أوردها الفارابي.

لكن فى القرن الرابع عشر الميلادي، احتل الجبر موقعه فى تصنيف ابن خلدون للرياضيات. كان أول علوم الرياضيات، علم الهندسة، وهو النظر فى المقادير على الإطلاق. وكان ثانيها علم الأرتماطيقي، وهو معرفة ما يعرض للكم المنفصل الذى هو العدد، ويوجد له من الخواص والعوارض اللاحقة. وكان ثالثها علم الموسيقي، ورابعها علم الهيئة. كان ثانى علوم الرياضيات عند ابن خلدون علم الأرتماطيقي. وقد عرف مؤرخ العلوم من تقليد نظرية الأعداد كما وردت فى كتب إقليدس، شروحات إقليدس كشروحات ابن الهيثم نفسه ونتائج ثابت بن قرة حول الأعداد الكاملة والأعداد المتحابّة. فإنها تؤول إلى تصور واحد للحساب : حساب الأعداد الصحيحة التى يمكن تمثيلها بقطع مستقيمة، الأمر الذى لم يؤسس للبراهين ولا على طريقة إقليدس فى ككتاب "الأصول". فإن هذا المعيار فى البرهان لم يمثل قيدًا على طريقة البحث وحسب بل فرق بين نوعين من الحساب :

١) حساب "الارتماطيقا" اليوناني. فإذا أستقريت الأعداد وميزت، وجد بالتمييز والإعتبار الخواص كلها. ووجود خواص العدد بهذا الوجه يسمى الارتماطيقا. ويتبين ذلك فى ككتاب "الارتماطيقا" نيقوماخوس الجرشي؛

٢) حساب "علم العدد" العربي. وخواص العدد المدركة بالبراهين والمقاييس كلها، هى محتوى المقالات الثلاث من ككتاب "الأصول" لإقليدس.

أسس إذن تفكير الكرجي، فى الجبر، لفصل جديد من فصول الفلسفة الرياضية. وكانت الهندسة، والحساب، والموسيقي، وحدها مدار الفلسفة الرياضية، ثم صار الجبر أحد مدارات الفلسفة الرياضية. وصار الجبر فى ذاته وفى علاقته بالعلوم الرياضية الأخرى، مدار تفكير الكرجى الفلسفي. فى ككتابه "البديع" بحث الكرجى فى العلاقة بين الجبر والهندسة، وبالتالى فى تصور الجبر نفسه، وقارن بينهما، باحثا عن أوجه الشبه، وعن أوجه الاختلاف. إن الهندسة علم عملى بينما الجبر مجرد، ولا ينفصل الموضوع الهندسى عن التمثيل المكاني، بينما ينفصل الموضوع الجبرى عن التمثيليات كافة. وتنهض الهندسة على الخط، بينما ينهض الجبر على الشيء أو x. وتشاهد الهندسة الشكل بينما الجبر عقلي. ويستقل المجهول الجبري، سواء أكان عددا أو خطاً، عن تمثيله المكاني. والشيء X الذى ينهض عليه الجبر تحدده وظيفته، بوصفه عنصراً

ضروريا لتعريف القوى الجبرية. يتدخل الشيء بوصفه عنصراً، في التعريف الاستقرائي للقوي. يستقل الشيء أو المجهول X إذن عن صيغة وجوده بل يقتصر مجال وجوده على العمليات الذهنية، من دون أن يكون كائناً متميزاً. ويشبه الشيء أو المجهول X الموضوع الهندسي من جهة كونه وحدة قياسية. وينهض الطابع العام للجبر على تصوره للكمية المستقلة عن التمثيل الهندسي، وعلى التصور العام للعمليات. فالكمية هي الأعداد التامة، والأعداد النسبية، والأعداد الصماء الجبرية، والكميات الهندسية. والعمليات هي عمليات الجبر كافة. والعنصر المشترك بين الجبر والهندسة هو أولية التحليل على التركيب. لكن هذا العنصر المشترك بين الجبر والهندسة بدا لرشدى راشد أنه يتضمن أولية الجبر على الهندسة، ولا تستبقى هذه الأولية من الهندسة سوى الطريق التحليلية، وتهمل، في الوصف، التركيب. واستخلص السموأل، بعد ذلك، النتائج من هذا التصور، وماثل السموأل بين الجبر والتحليل، وبين الهندسة والتركيب، وعدل تلك المسألة التي بقيت مدار المسائل خلال قرون طويلة في فلسفة الرياضيات : مسألة التحليل والتركيب. وقد عاد السموأل الى ككتاب مخصص بكامله لهذه المسألة مفقود الى الآن. ولم يقتصر السموأل ولم يكتف الكرجي بهذا القدر من التصور الفلسفي، إنما وسعا التصور الفلسفي توسيعا تقنياً. وكشف رشدى راشد في ككتاب "البديع" للكرجي، عن المحاولة الأولى لتصنيف المسائل الجبرية بحسب العمليات، والشروط، والكميات. ومن هنا حدد صنفين، صنفاً حيث المعطيات هي العمليات والشروط وحدها، وصنفاً آخر، حيث المعطيات هي الشروط والكميات.

من هنا حلل السموأل المسائل في المقالة الرابعة في تقسيم المسائل في ككتاب "الباهر" (أتم تأليفه في ١٠ – جمادى الأول – سنة ٧٢٩ هـ) من أصول الصناعة العددية، واما من أراد الوقوف على كيفية الحيل في المسائل على اختلاف أوضاعها، فعليه بشرح السموأل لككتاب ديوفنطس الاسكندراني فهو يحيط بالجزء العملي من الصناعة العددية. وقد طور السموأل تصنيف الكرجي للقضايا الرياضية والمسائل الرياضية. وفي الفصل الأخير من ككتاب "الباهر"، حلل السموأل القضايا الرياضية والمسائل الرياضية، متوسلا بلغة المنطق القديم، لكنه منح محتوى متميزاً للتصنيف الأرسطي للقضايا، والمسائل، الرياضية. وتنقسم المقالة الرابعة في هيكل المسائل في ككتاب "الباهر" من أصول الصناعة العددية(٥٨)، إلى ثلاثة أبواب :

١- القضايا الواجبة

أ- صف جزئي أول :

أ-١- القضايا أو المسائل التي يكون مطلوبها موجودا في جميع الأعداد أو المتطابقات، مثل :

إذا كان $z = x + y$ فإن $(z/x) = z/y + z/x .(z/y)$

نريد أن نجد عددين إذا قسمنا كل واحد منهما على الآخر كان مسطح العددين الخارجين بالقسمة على كل واد منهما خرج من القسمة عددان مسطحهما مساو لمجموعهما فانا الواحد إذا قسمناه بأى قسمين شئنا كان هذا المطلوب موجودا فيهما؛ مثال ثان نريد أن نجد عددا إذا ضربناه فى أربعة أمثاله أو فى تسعة أمثالة كان المجتمع مربعا فان هذا المطلوب موجود فى كل عدد.

أ-٢- منها ما يكون مطلوبها فى بعض الإعداد وله أجوبة بلا نهاية، أو قضايا لها عدد لانهائى من الحلول من دون أن تكون متطابقة، مثل : أوجد عدد x بحيث :

$$x + 10 = a^2$$

$$x - 10 = b^2$$ و

وبلغة السموأل : أوجد عددا اذا زيد عليه ١٠ كان المبلغ مربعا وان نقص منه ١٠ كان الباقى مربعا. فنجعل العدد المطلوب شيئا ونريد له ١٠ فيصير شيئا و١٠ وننقص منه ١٠ فيبقى شيء الا ١٠ فقد صار معنا ملثان كل واحدة منهما مربعة وهى شئ و١٠ وشئ الا ١٠. وقد بين السموأل فى الفن الاول من المقالة الثانية من ككتاب "الباهر" ان الفضل بين كل مربعين = ضرب مجموع جذريهما فى تفاضل الجذرين، و٢٠ تركيب من ضرب ٢ فى ١٠ = ١٢ ونصف ذلك ٦ وهو جذر المربع الاكبر وتفاضلهما ٨ ونصفه ٤ وهو جذر المربع الاصغر لأن ١٠ هى مجموع العددين والاثنين تفاضلهما فان شئنا ربعنا ٦ وعادلنا بذلك المربع الاكبر وهو شئ و١٠ وان شئنا عادلنا مربع الاربعة بالمربع الاصغر وهو شئ الا ١٠ فيكون الشئ = ٢٦ احدا. وهو المطلوب. واجبة هذه المسألة غير متناهية. لأن ٢٠ مركب من الاعداد لا نهاية لها. ويحلل السموأل هذه المسألة بالاصول الخطوطية وجعل سطح أ ب ج عشرة ونقسم أ ج نصفين على نقطة د فيكون سطح ب هـ خمسة ونصل ب هـ. فقد بين السموأل فى الشكل الثانى من الفن الاول و٢ من الباب الرابع من المقالة الثانية أن مربع ب هـ واذا زيد عليه ضرب أ ب فى أ هـ مرتين كان المبلغ مربعا وان نقص منه كان الباقى مربعا لأن مثلث فى أ ج لأن أ ج ضعف أ هـ فمربع ب هـ اذا زيد عليه ضرب أ ب فى أ ج أعنى سطح ب ج كان المجتمع مربعا وان نقص منه سطح ب ج كان الباقى مربعا. فمربع ب هـ هو المطلوب. لكن مربع ب هـ مساو لمربع أ ب ومربع أ هـ وأ ب >وأ هـ < هما عددان مسطحهم خمسة فقد انتج هذا البرهان أن مجموع مربعى كل عددين من الاعداد التى تركبت منها الخمسة هو المطلوب. فمن ذلك الخمسة تركبت من ضرب واحد فى خمسة ومجموع مربعهما ستة وعشرون وهو المطلوب. وايضا فان الخمسة تركبت من ضرب ٢ في٢ ونصف ومجموع مربعيهما عشرة وربع وهو المطلوب فاذا زدنا عليه عشرة صار ٢٠ وربع وجذره اربعة ونصف. فاذا نقصنا منه ١٠ بقى ربع وجذره نصف. والاعداد التى

تركبت منها الخمسة لا نهاية لها الا انا اذا قسمنا الخمسة على اى عدد شئنا كان المقسوم عليه والخارج من القسمة ضلعين للخمسة وكل عدد من أضلاع الخمسة فانهما ينتجان جوابا غير نتيجة سواهما فوجب من ذلك أن يكون المطلوب فى هذه المسألة موجودا فى اعداد لا نهاية لها. ومثال ثان نريد أن نقسم عددا مربعا بقسمين مربعين فان هذا ايضا له جوابات لا نهاية لعددها كما بينا فى الفن ٢ من المقالة ٢. ومثال ثالث نريد أن نعمل على خط مفروض مثلثا قائم الزاوية

أ-٣- منها ما له أجوبة كثيرة ولكنها متناهية فلا تمكن الزيادة عليها، وهى مسائل عدة غير محددة.

ومثال ماله اجوبة كثيرة متناهية نريد ان نشترى ب ١٠٠ درهما مائة طائراً من ٣ اصناف بط وحمام ودجاج وكل بطة بدرهمين وكل ثلاث حمامات بدرهم وكل دجاجتين درهم والمطلوب فى هذه المسألة أن تقسم مائة بثلاثة أقسام مرتين تكون نسبة القسم الاول من القسمة الاولى الى القسم الاول من القسمة الثانية كنسبة اثنين الى واحد ونسبة القسم الثانى من القسمة الاولى الى القسم الثانى من القسمة الثانية كنسبة واحد الى ثلاثة ونسبة القسم الثالث من القسمة الاولى الى القسم الثالث من القسمة الثانية كنسبة الواحد الى الاثنين وأن تكون اقسام القسمة الثانية صحاحا لا كسر فيها. فليكن ما اشترى من الحمام شيئا بثلث شئ من الدراهم وعددا من الدجاج نصف عدد من الدراهم فيبقى من الدراهم مائة الا ثلث شئ والا نصف عدد ومن الطائر مائة بطة الا شيئا والا عددا. ونبتاع بها من حساب بطة بدرهمين فنجد ثمنها مثلى عدتها وهو مائتا درهم الا شيئين والا عددين يعدل ما بقى من الدراهم وهو مائة درهم الا ثلث شئ والا نصف عدد. فنقابل بها فيبقى مائة درهم الا عدد والا نصف عدد يعدل شيئا وثلثى شئ فالشئ يعدل شيئين من العدد الا تسعة أعشار عدد الدجاج وأول ما يمكن أن يكون عدد الدجاج عشرة ليكون تسعة أعشار عددا صحيحا والحمام ستون الا تسعة أعشار عشرة فيجب أن يكون الحمام أ هـــ ومجموع عدد الحمام والدجاج ٦١ والبط ما بقى الى تمام المائة وهو ٣٩ بطة. فقد صح أن الحمام ٥١ والدجاج عشرة والبط ٣٩ ولا نزال نزيد على عدد الدجاج عشرة عشرة ونلقى تسعة أعشار ما تجمع من الستين فهو عدد الحمام واعدد الذى نفعل حتى يكون تسعة أعشار ما يجتمع من عدد الدجاج أكثر من ستين فاذا جاوز الستين فقد تناهت الجوابات ولم يبق جواب. وعدد الأجوبة فى هذه المسألة ستة. وهذه المسألة هى الثانية من كتاب الطير لأبى كامل.

أ- ٤- ومنها ما له جواب واحد، ما له جواب واحد

و مثال ماله جواب واحد : نريد أن نجد عددا اذا ضربناه فى عددين مفروضين كان من ضربه فى احدهما عددا مربعا ومن ضربه فى الآخر ضلع ذلك المربع فليكن العددان ٥ ٢٠٠ ونريد أن نجد عددا اذا ضربناه فى ٢٠٠ خرج مربع واذا ضربناه فى خمس خرج ضلع ذلك المربع. فلنقسم المائتين على مربع الخخمسة

فيخرج من القسمة ثمانية وهو العدد المطلوب. برهان ذلك أن الثمانية يضرب فى ٢٥ فيخرج مائتان لأن المائتين مساو لضرب مربع الثمانية فى مربع الخمسة لكن ضرب مربع ٨ فى مربع الخمسة مساو لمربع ضرب الثمانية فى مربع الخمسة. فضرب الثمانية فى الخمسة مساو لجذر ضرب ٨ فى ٢٠٠ وذلك ما أراد السموأل بيانه.

ب – صف جزئى ثانى : ومنها ما يحتاج الى شرائط يستدل بها على صحة المعلومات

١– شرط واحد، مثل : ليكن a و b عدديين معطيين، حدد x و y بحيث :

$x^2 + y^2 = a$ و $xy = b$. فنجد كشرط ضرورى أن $a > 2b$

مثال ما يفتقر الى شرائط أن نوجد عددين يكون مجموع مربعيهما مساويا لعدد معلوم وضرب أحدهما فى الآخر مثل عدد اخر معلوم. فان هذا السؤال يحتاج الى شريطة. وهى ينبغى أن يكون العدد المساوى لمجموع مربعيهما يزيد على ضعف السطح الذى يحيطان به. وهذا سبق أن ورد فى الشكل السابع من المقالة الثانية من ككتاب أقليدس فى "الأصول".

شروط متعددة، مثل : نظام مؤلف من n معادلة ب m مجهول حيث $m > n$.

وجد ١٠ أعداد اذا جمع كل ٦ منها كان المبلغ عددا مفروضا. وقد سئل السموأل عن هذه المسألة. كم ينبغى أن يكون فيها من المفروضات والشرائط؟ أجاب السموأل أن : ١– المفروضات فى هذه المسألة ١٠ ؛ ٢– يحتاج فيها الى ٥٠٤ شريطة. وقد وضع السموأل هذه المفروضات فى جدول. ودلل على ألفاظة بحروف الهند. ووضع بازاء كل مفروض حرفا من أحرف المعجم يدل عليه. وحصل على ٢١٠ معادلات خطية. ثم درس السموأل توافق ٢١٠ معادلات خطية، واعتبر ما يلى : $i, j; 1 \leq i \leq 10, 1 \leq j \leq 10, i \neq j$ المجموع L_{ij} من أزواج التوافيق، بحيث أنه بالنسبة لكل واحد على حدة، تظهر Xi فى المكون الأول $C1$، وتظهر X_j فى المكون الثانى C_2، وبحيث أنه إذا $k - i$ وتظهر X_k فى المكون الأول $C1$ يوجد $m - j$ بحيث X_m تظهر فى المكون الثانى C_2 و $X_k = X_m$، ويشترط السموأل التفريق بين المعادلتين المطابقتين لمكونى الزوج المنتمى إلى Lij ويشترط أن يكون هذا الفرق ثابتاً، وعلى سبيل المثال :

$$(123456,234567)et(123458,23458,234578) \in L_{17}$$

و الفروق بين الجموع المطابقة لا بد أن تكون متماثلة، على النحو التالى :

123458175	1234561
234578184	234567194

والفرق دوما هو ١٤، ويعدد السموأل عد الشروط التى لا بد للنظام أن يحققها ويجد ٥٠٤٠، إذا كنا أجرينا التباديل كافة. ويذكر مع ذلك بأنه إذا ألغينا التكرار، نجد ٥٠٤ فقط لكى يكون النظام مطابقاً. وبعد تحقيق شروط التطابق، يكافيء النظام التالى :

$X_2-x_1=3$	$X_5-x_1=24$	$X_8-x_1=19$
$X_3-x_1=8$	$X_6-x_1=6$	$X_9-x_1=24$
$X_4-x_1=15$	$X_7-x_1=14$	$X_{10}-x_1=4$

٢- القضايا الممكنة

و أورد السموأل أن القضايا الممكنة هى تلك المسائل التى لانعرف أن نبرهن على صحتها ولا على خطأها. وهى تختلف عن المسائل غير المحددة وعن المسائل الخالية من المعلومات. لأن المسائل الغير المحددة مسائل واجبة. والممكن هو ما لا يستحيل فيه وجود حلوله ولا نفيها، بينما نفى الحلول للمسائل الغير المحددة، يعده السموأل أمراً محالاً. فإن كل قضية ومسألة ينظر فيها الحاسب أو المهندس فأنه إذا بحث عنها قد يبرهن على وجودها، فيسميها قضية واجبة أو مسألة واجبة، وقد يبرهن على أمتناعها، فيسميها ممتنعة، أو لا يبرهن على وجودها ولا على عدمها أو أمتناعها، فهو إذن جاهل بها، فيسميها قضية ممكنه، لأنه لم يبرهن على وجودها وعدمها. لأن ذلك يؤدى إلى أن الموجود معدوم والواجب ممتنع. وهو محال.

وقد ظن البعض أن المسائل السيالة والناقصة المعلومات كلها ممكنة، وهو رأى ضعيف، لأن الممكن مالا يستحيل عدمه ولا وجوده، والمسائل السيالة مستحيل عدمها. وقد أورد السموأل مثالا دالا على ذلك. نريد ان نجد عددين نسبة أحدهما الى الآخر كنسبة مربع الى مربع. فهذه يعتقدها البعض من الممكنات. ونحن اذا افترضنا عدداً فأن نسبته الى ٤ امثاله أو ٩ أمثاله كنسبة مربع الى مربع، فقد وجدنا عددين كما أردنا، واذا وجدناهما فلا يمكن أن نتوهمها غير موجودين. لأن ذلك يؤدى الى أن الموجود غير موجود. وأورد السموأ مثالا دالا آخر. نريد أن نجد عددين يكون ضرب أحدهما فى الآخر مائة. فأن هذه المسالة واجبة الوجود. لأن لو توهمنا العددين غير موجودين مع وجود ٢٠ و٥ اللذين مسطحهما ١٠٠، لكان ذلك محالاً. فليست ممكنه ولا ممتنعه بل هى واجبة. قد يجوز ان يفرض السائل عددين ويكون مسطحهما ١٠٠. فاذا وجد المسؤول عددين مسطحهما ١٠٠، فيمكن ان يكون لدىنك العددين، ان يتعداهما الى غيرهما. فذلك هو وجه الامكان فى المسألة. ويعنى السموأل إمكان موافقة السؤال للأعداد التى فى نفس السائل، لا لوجود المسألة فى نفسها، لأنها واجبة.

المسائل الممتنعة

أورد السموأل أن المسائل الممتنعه هى التى متى فرضت موجودة أدى وجودها إلى المحال. ومنها ما يمتنع من جهة تحديده. ومنها ما يمتنع من وجهة مفروضاته. وضرب السموأل مثالاً دالاً على ما يمتنع فى تحديده قائلا إن نريد أن نجد عددين نسبة أحدهما إلى الآخر كنسبة مربع إلى مربع وضرب أحدهما فى الآخر غير مربع. فإن هذا المطلوب محال من جهة تحديده. فلأن مسطح كل عددين متشابهين لا يكون إلا مربعا. ومثال ما يمتنع فى مطلوبة وهو الذى يستحيل من جهة مفروضاته. لأنها لو بدلت بسواها لم يكن المطلوب ممتنعاً. نريد أن نجد عددين مربعين يكون مجموعهما مساوياً لمجموع جذريهما وضرب أحدهما فى الآخر ٧٢ أحداً. فإن هذا المفروض محال. لأن جذرى المربعين المطلوبين لا يخلو حالهما من أن يكونا أكثر من الواحد أو أقل منه أو أن يكون احدهما واحداً والآخر أكثر من الواحد أو الآخر أقل منه، أو أن يكون أحدهما واحداً والآخر أكبر من الواحد أو أقل. فإن كان أحدهما مساوياً للواحد فهو مساوٍ لمربعة. فلابد أن يكون المربع الآخر مساوياً لجذره. فهو واحد وضرب أحدهما فى الآخر ٧٢، وأن كان أحدهما أقل من الواحد فهو أكبر من مربعه فمربعه أصغر من الواحد والفصل بينه وبين مربعه أقل من الواحد. ولما كان مجموع المالين مساوياً لمجموع جذريهما، فلا بد أن تكون زيادة أحدهما على جذره مثل نقصان الآخر عن جذره، ولكن نقصان احدهما عن جذره أقل من الواحد، فزيادة الآخر على جذره أقل من الواحد، لكن ٤ زائدة على جذرها ب ٢ و٩ زائدة على جذرها ب ٦. و١٦ زائدة على جذرها، ويتبقي١٠ و٢٥ زائدة على جذرها ب ٢٠، فالمربع الذى يزيد على جذره بأقل من الواحد لا بد أن يكون أقل من ٤. فكلما تزايدت المربعات بعدت عن جذورها. وقد بين السموأل أن المربع الأصغر أقل من الواحد، فمجموع المالين أقل من ٥ وضرب أحدهما فى الآخر ٧٢. وهذا محال. لأن كل عددين فإن ضرب أحدهما فى الآخر أقل من مربع نصف مجموعهما كما يظهر فى "الأصول" لأقليدس.

و هكذا صنف عالم رياضى من مدرسة الكرجى التصنيف التالى للقضايا : قضايا واجبة، وقضايا ممكنة، وقضايا مستحيلة.

القضايا الواجبة :

(ا)– الفئة الفرعية الأولي

أ– ا – " القضايا " أو " المسائل التى يكون مطلوبها موجودا فى جميع الأعداد " ، أى بعبارة أخرى المتطابقات ؛

٢-ا – " ما يكون مطلوبها أعدادا بلا نهاية " أيّ، بعبارة أخرى، قضية لها حلول لا متناهية، مع عدم كونها متطابقة ؛

٣-ا – " ما له حلول كثيرة ولكنها متناهية "، ومن أمثلة ذلك عدة مسائل غير محددة ؛

٤-ا – " ما له حل واحد " .

القضايا الممكنة :

وهى قضايا لا يعرف البرهان على حقيقتها ولا على بطلانها أو هى كل قضية ومسألة ينظر فيها الحاسب أو المهندس فإنه إذا بحث عنها لا يخلو من أن يقع له برهان على وجودها فيسميها واجبة، أو على امتناعها، فيسميها ممتنعة ومستحيلة، أو لا يجد برهانا على وجودها ولا على عدمها أو امتناعها فهو إذن جاهل بها فيسميها ممكنة، لأنه لم يبرهن على وجودها وعدمها لأن ذلك يؤدى إلى انعدام الموجود وامتناع الواجب. وهو محال. ولم يضرب السموأل أى مثل فى هذا الصدد، إلا أنه نبه إلى ضرورة التفريق بين المسائل الممكنة والمسائل غير المحددة إذ أن المسائل غير المحددة هى مسائل واجبة.

القضايا المستحيلة :

إنها القضايا التي، " متى فرضت موجودة، أدى وجودها إلى المحال."

إن هذا التفكير فى الممارسة الرياضية، ولا سيما الجبر الجديد، قد دفع العالم الرياضى إلى توجيه المفاهيم الأرسطية للواجب والممكن والمستحيل نحو مفهومى القابلية للحساب وامتناع القابلية للحسم، كما أنه ربطها بمفهوم قابلية المعادلة للحل وبصورة أعم بمفهوم القابلية للحساب فعندما ترد قضية واجبة أ يعنى ذلك إثبات أ أو نفى أ، بينما يعنى بالقضية الممكنة أ أن أ غير قابلة للحسم أو أنه لا توجد طريقة لإثبات أو نفى أ.

إذن، إلى جانب النتائج والطرق الجديدة فى تطبيق الحساب على الجبر، ظهر نوع من التفكير فى الرياضيات هو فلسفة ليست من الفلاسفة وإنما هى من الرياضيين. ولئن كان هذا التفكير أو كانت هذه الفلسفة تدور حول الموضوعات لا النظم، ولئن كانت بالمقارنة بالنظم الميتافيزيقية التى اشتهرت فى العصور الوسطي، قد تبدو ذات بنيان وجيز وحجج ضعيفة فأنها على الأقل تتميز بصدورها عن ممارسة عالم الرياضيات لعمله. وقد يكون ذلك هو السبب فى أن المؤرخ لا يجد ذكرا لها فى تاريخ فكر العصر الوسيط الذى شغل عنها بالفلسفة التقليدية كما تمثلت فى علم الكلام، وفى رد فعل السلف الصالح كالاتجاهات التى

مثلها ابن تيمية أو ابن حزم. استعارت الفلسفة التقليدية كما تمثلت فى علم الكلام، وفى رد فعل السلف الصالح كالاتجاهات التى مثلها ابن تيمية أو ابن حزم، موضوعاتها من "بابوس " أو أحيانا من " بروكلوس ". فإن دخول الجبر الجديد فى هذا المجال قد شكل الموضوعات "بابوس " أو أحيانا من " بروكلوس "، فى محتويات مختلفة عن مضامينها المألوفة لدى " بابوس " أو أحيانا من " بروكلوس ".

شرع الرياضيون فى التفكير فى مكانة الجبر وعلاقاته بالهندسة وأساليبها وتصنيف المسائل والقضايا، على أساس الجبر. إن عددا من الرياضيين الذين سلكوا هذا الاتجاه قد توصلوا، من بعد أن طابقوا صراحة بين الجبر والتحليل، إلى تعديل كيفية طرح هذا الموضوع الذى ظل مدار البحث لقرون طويلة فى الفلسفة الرياضية، ألا وهو موضوع : التحليل والتركيب.

سادساً – فكرة "فن الاختراع" عند أحمد بن محمد بن عبد الجليل السجزي

سبق أن أشرنا فى الفصل الثانى من الباب الثانى من هذا الكتاب إلى تسجيل رشدى راشد فى القرن التاسع الميلادي، التقدم الفريد فى إنشاء الاسطرلابات واستخدامها. وقد أثار الطلب المتزايد مضاعفة الأبحاث حول الاسقاطات بغرض إنشاء الاسطرلابات. وانكبّ الرياضيون أمثال الكندى وبنو موسى والخازن وإبراهيم بن سنان والسجزى وغيرهم، على دراسة الرسم الهندسى للأشكال على الاسطرلاب، وعلى طريقة الاسقاطات. وكان قصد رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل هو من خلف التحقيق هو قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس فى البحث فى الرياضيات فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادى بل قاد الغرضان –قياس تأثير كتاب "المناظر" لبطلميوس(المقالة الخامسة حول انكسار الضوء، بوجه خاص)؛ قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبولونيوس فى البحث فى الرياضيات فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادي– إلى بيان نشأة الوقائع الرياضية الكلاسيكية وتطورها. من هنا ظهر انتماء الرياضيين المسلمين إلى المدرسة الأرشميدسية الجديدة والمدرسة الأبولونية. لذلك خصص رشدى راشد جزءا مهما من بحثه لعلماء الرياضيات الأرشميدسيين الجدد، الذين حاولوا فى ما بين القرنين التاسع الميلادى والحادى عشر الميلادي، استعادة طرق أرشميدس أو تجديدها بهدف حساب مساحات السطوح المنحنية، وأحجام المجسمات الناجمة عنها، لتحديد مراكز الثقل فيها، وبحوث من طوروا الهندسة التحليلية بفضل نظرية القطوع المخروطية. وقد بلغ ذلك التراث ذروته فى بحث ابن الهيثم، كما فرض ابن سهل نفسه كأحد أكثر الوجوه بروزا فى طائفة الرياضيين الذين لمعوا فى النصف الثانى من القرن العاشر الميلادى جنبا إلى جنب مع القوهى وأحمد بن محمد الصاغانى والسجزي.

وقد كشف رشدى راشد عن آثار ابن سهل فى بحث كان السجزى قد جمع فيه مسائل هندسية مختارة بهدف مناقشتها مع المهندسين فى شيراز وخراسان، وهى مسائل انتقاها من كتابات أبولونيوس وثابت ابن قرة وابن سهل. ولقد برهن مسألة ابن سهل فى مقاربة السجزى فى كتاب أحمد بن محمد بن عبد الجليل السجزى فى المسائل المختارة التى جرت بينه وبين مهندسى شيراز وخراسان وتعليقاته. وكتب الشنى رسالة أعاد فيها سرد قصة إنشاء المسبّع فى الدائرة، كما أثار مسألة الوسيطن، حيث تركز نقده على أبى الجود بن الليث. فهو أكد فى معرض قصة إنشاء المسبّع فى الدائرة أن أبا الجود صاغ المقدمة التالية :

اقسم مقطعًا AB بنقطة C بحيث يكون :

$$AB = K^2 \cdot AC \qquad (١)$$

$$\frac{k}{bc} = \frac{ab}{ab + bc}$$

وتقود قسمة AB إلى إنشاء المسبّع فى الدائرة، لكن أبا الجود – بحسب قول رشدى راشد عن الشنى – أخطأ مرتين فى برهانه :

١– اعتقد بإمكانية الحصول على هذه القسمة من خلال تقاطع مستقيم مع دائرة؛

٢– استبدل فى مجرى البرهان، نسبة بأخرى مساوية لها.

وتبين للسجزى خطأ أبى الجود، ولما عجز عن برهانه توجه بالسؤال إلى ابن سهل الذي، كما يروى رشدى راشد بحسب الشني، تمكن من "تحليل الخط إلى تلك النسبة بقطعين متقابلين من القطوع المخروطية – زائد ومكافئ – فحلله وأنفذه إلى أبى سعيد السجزي. وروى رشدى راشد عن الشنى قوله إن العلاء بن سهل ذكر فيما كتب به إلى أبى سعد السجزى مجيبًا عما سأله عن قسمة الخط الذى تقدم ذكره تحليل شكل سأله عنه وهو سؤال : سطح أ ب ح د متوازى الأضلاع، أخرج قطره وهو ب ج وأخرج ضلع ج د على استقامة من جهة د بلا نهاية ؛ كيف نخرج خطأ كخط أ هـ ز ح حتى تكون نسبة مثلث ب هـ ز إلى مثلث ز د ح نسبة مفروضة ؟"

و روى رشدى راشد عن الشنى قوله إن إعطاء نسبة ما بين مثلثى أ هـ ب وز د ج فلا سبيل إلى ذلك. وتابع رشدى راشد قول الشنى إن بين المسألتين نسبة ما ويمكن الوصول إلى ذلك، لأنه إذا كان سطح أ ب ج د مربعًا، وكان مثلث أ هـ ب مساويًا لمثلث ز د ح فهو الشكل الذى قدمه أرخميدس لعمل المسبّع وسلك أبو

سهل القوهي فيه طريق تقسيم الخط على النسبة التى تقع فيه. ثم أورد رشدى راشد استهلام الشنى تركيب القوهي. إن فائدة رسالة الشنى هذه التى كتبها ضد أبى الجود بن الليث، إنها أضاءت الباحث حول الدور الأساس لابن سهل فى عمل المسبّع فى الدائرة، مؤكدة فى الوقت نفسه أصالة المسائل التى طرحها ابن سهل، كما أنها مكنت رشدى راشد من الكشف عن هوية مؤلف كتاب تركيب المسائل التى حلّلها أبو سعد العلاء بن سهل.

و تميز كتيب ابن سهل حول خواص القطوع المخروطية الثلاثة باستعانة ابن سهل بالقضايا ١، ١١ و١، ٢١ و١، ٥٣ و١، ٦٣ من كتاب "المخروطات" لأبولونيوس، من دون تصريح بذلك، فقد كان هذا الكتاب، فى النصف الثانى من القرن العاشر الميلادي، مرجعاً أساسيًا. ولغة النص هى لغة هندسة المخروطات المستقرة. ودرس رشدى راشد شرح السجزى الرياضى والفلسفى على القضية الثانية من المقالة الرابعة عشرة من كتاب المخروطات، لأبولونيوس.

سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثالث من هذا الكتاب إلى أن إبراهيم ابن سنان (٢٩٦/٩٠٩-٣٣٥/٩٤٦) كان قد صرح فى تمهيد مقالته "فى طريق التحليل والتركيب فى المسائل الهندسية"، إنه وجد أكثر من رسم طريقًا لطلبة العلم فى استخراج المسائل الهندسية، من المهندسين، قد أتى ببعض الأمور الضرورية فى رسم الطريق لطلبة العلم فى استخراج المسائل الهندسية، ولم يأت المهندسون بجميع الأمور الضرورية فى تحديد المنهج الهندسي، وبقيت عليهم بقايا، فكان يقصد لإيقافه عليها وإرشاده إليها فقط. فرسم إبراهيم ابن سنان فى مقالته "فى طريق التحليل والتركيب فى المسائل الهندسية" منهجًا للمتعلمين، يشتمل على قوانين استخراج المسائل الهندسية كافة. ومن هنا استعاد إبراهيم ابن سنان مشروع ثابت ابن قرة.

و سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب إلى مبرهنة ثابت بن قرّة وحساب الأعداد المتحابة وإلى إنه لم تجد الأعداد المتحابة النظرية التى تستحقها قبل بحوث ثابت ابن قرة العلمية. و"العدد التام" بالمعنى الإقليدسى هو موضوع نظرية ظهرت فى نهاية المقالة التاسعة من كتاب "الأصول" لأقليدس، إذ إن القضية السادسة والثلاثين من المقالة التاسعة من كتاب "الأصول" لأقليدس، حول الأعداد التامّة ظهرت فى البدء فى مظهر نظري. وبقى التساؤل عن الأسباب التى دعت اليونانيين للعناية بهذه المسائل.

كانت البداية إذن ترجمة كتاب "الأصول" لأقليدس إلى اللغة العربية. نقل من اللغة اليونانية إلى اللغة العربية جماعة من العلماء منهم حجاج بن يوسف الكوفي، فإنه نقله نقلين، أحدهما يعرف بالهاروني، وهو النقل الأول، والنقل الثاني، هو النقل المسمى بالنقل المأموني، وعليه يعول.

كان كتاب "الأصول" لأقليدس فى القرن التاسع الميلادى فى اللغة العربية نموذجاً يحتذى به الرياضيون فى الكتابة وفى البحث الرياضى معاً. فكتب الكندى فى منتصف القرن التاسع الميلادى كتابين حول إصلاح كتاب أقليدس وأغراض كتاب أقليدس. وعنى الجواهرى فى بحثه عن كتاب "الأصول" لأقليدس بمسألة المصادرة الخامسة. ووضع الهامانى البراهين المباشرة مكان القياس بالخلف الوارد فى كتاب "الأصول" لأقليدس، وفسر المقالة الخامسة فقط. وأصلح أبو الحسن ثابت ابن قرة الحرانى (ت ٢٨٨) ترجمة حنين ابن اسحاق العبادى المتطبب (ت٢٦٠) لكتاب "الأصول" لأقليدس، فضلاً عن "فى التسبب الى استخراج مايرد من قضايا الأشكال بعد فهمه" لثابت ابن قرة. ونقل أبو عثمان الدمشقى منه مقالات، وذكر عبد اللطيف المتطبب أنه رأى المقالة العاشرة منه برومية وهى تزيد على ماكان فى أيدى الناس آنذاك أربعين شكلا، والذى كان بأيدى الناس مائة وتسعة أشكال، وأنه عزم على ترجمة ذلك إلى اللغة العربية. وأخذ كثير من أهل العلم فى شرحه منهم اليزيدي، وابو حفص الحرث الخراساني، وابو الوفاء الجوزجاني، وابو القاسم الانطاكي، واحمد ابن محمد الكرابيسي، وابو يوسف الرازي، فسر المقالة العاشرة لابن العميد وجوده، وابو محمد بن عبد الباقى البغدادى الشهير بقاضى مارستان (ت٤٨٩)، شرح شرحاً مثل فيه الأشكال بالعدد، وقال الحسن بن الحسن ابن الهيثم قوله "فى قسمة المقدارين المختلفين المذكورين فى الشكل الأول من المقالة العاشرة من كتاب أقليدس" و"فى حل شكوك كتاب أقليدس "فى الأصول" وشرح معانيها"، وتفسير المقالة العاشرة لأبى جعفر الخازن وللاهوازى أيضاً شرح ذوات الاسمين والمنفصلات من المقالة العاشرة أيضا لأبى داود سليمان ابن عقبة. ومن شروح أقليدس كتاب "البلاغ" لصاحب التجريد، ومن تحريراته تحرير تقى الدين أبى الخير محمد بن محمد الفارسى تلميذ غياث الدين منصور، وسماه "بتهذيب الأصول"، ومختصر أقليدس لنجم الدين "لشمس الدين" ابن اللبودى (الدمشقى الحكيم محمد ابن عبدان (ت٦٢١)).

و هكذا التفت الرياضيون-المهندسون، وعلماء الجبر، والفلاسفة، والمثقفون بوجه عام، وابن وهب بوجه خاص، إلى كتاب "الأصول" لأقليدس. وابن وهب هو الذى أثار مسألتى التقعيد والإبداع، كما وردتا فى كتاب "الأصول" لأقليدس. وقف ابن وهب على ما عليه الأمر فيما كتبه أقليدس فى تأليف أشكال كتابه فى "الأصول" وأقاويله ونظمه إياها فى كثير من الأمر غير مصنفة بحسب أجناسها، ولا مضموم كل واحد منها إلى ما يشاكلها. وقف إذن ابن وهب على "تصنيف" الأصول. وكانت ملاحظة ابن وهب أن أقليدس يتبع منهج المصادرات فى بحثه، وهو منهج يصلح للمعرفة المكتسبة سلفاً، ولا يصلح للمعرفة المجهولة، التى تقضى بالبحث فى منهج الاختراع أو الابتكار(٥٩). وهما المسألتان اللتان أثارهما بعد ذلك بيار دو لا راميه، وأنطوان أرنو، وبيار نيقول، وغيرهم من علماء القرن السابع عشر الميلادى الغربيين. وسبق أن أشرنا إلى إصلاح ثابت ابن قرة ترجمة حنين ابن اسحاق لكتاب "الأصول" لأقليدس. من هنا استطاع ثابت ابن قرة أن يرد على

رأى ابن وهب فى "كتاب أبى الحسن ثابت بن قرة إلى ابن وهب فى التأتى لاستخراج عمل المسائل الهندسية". استعاد بن قرة، أولاً، مسألة عرض المصادرات فى "الأصول"، ومسألة نظام الإختراع، ويستهل تصنيفا للتصورات الهندسية؛ ثم يعرض بعض التمارين للاختراع. من هنا أراد السجزى "فى تسهيل السبل لأستخراج الأشكال الهندسية" أن يحصى القوانين التى بمعرفتها وتحصيلها يسهل على الباحث استخراج ما يريد استخراجه من أعمال الهندسة، وذكر الطرق التى إذا احتذى الباحث حذوها يقوى ذهنه على وجوه استخراج الأشكال.

هناك من يزعم أنه لا سبيل إلى الوقوف على القوانين فى الاستخراج بكثرة الأستنباط والتدريب فيه والتعلم له والدراسة لأصول الهندسة، من دون الموهبة، فبها يستنبط الأشكال *PROPOSITIONS* [٦٠]. وليس الأمر كذلك لان هناك من يكون موهوباً وله قوة جيدة على أستخراج الأشكال، من دون علم، وهو غير مجتهد فى تعلم هذه الأشياء، وهناك من يجتهد فى العلم، من دون موهبة، فمتى ما كان الإنسان موهوباً ومجتهدا فى العلم، فهو الناجح، ومتى مالم يكن موهوباً، غير أنه يجتهد فإنه يمكن أن يبرز بالتعلم، فأما من كان موهوباً ولا يمارس أعمال الهندسة، فإنه لا يستفيد منها، فإن ظن من ظن أن استنباط الهندسة لا يكون إلا بالموهبة وحدها من دون العلم، ظن باطل.

فأول ما ينبغى للمبتدئ فى الهندسة أن يعرف القوانين، التى هى مرتبة بعد العلوم المتعارفة *NOTIONS COMMUNES* [٦١]، وإن كان ذلك معدوداً فى جملة الغرض، أى الأشكال التى يقصد استنباطها، فإن قصد السجزى فى ذلك هى الطرق التى السبيل إليها من القوانين لا من العلوم المتعارفه وحدها، التى هى مقدمة على القوانين، فإن القول فى العلوم المتعارفة يطول جداً وقد رفع عنه ذلك أقليدس فى كتابه "فى الأصول"، بما أتى به من القوانين التى ذكرها.

أما القوانين التى هى مقدمات على الأغراض أو الأشكال المطلوبة فإن تفصيلها صعب، فهى من الذى يقال أنها مقدمات[٦٢] *LEMMES* ولوازم *CONSEQUENCES*، من جهة أن الهندسة مشتبك بعضها ببعض، لأن أولاها مقدمات لأخراها، الأول فالأول كأنها مسلسلة لما يليها، إلى غاية ما. وهاهنا أمر مشتبه *AMBIGU*. إلا أن السجزى يلخص القول فيها على ما رسمه أقليدس "فى الأصول". فإن السؤال هو : كيف بالإمكان تحصيل القوانين والأمر فى استنباط الأشكال إلى ما لا نهاية*ILLIMITEE* ؟ أ نقتصر على المصادرات *AXIOMES*؟ وقد أجاب السجزى أن أقليدس قد عنى فى عرضه عناية معتدلة. *EQUILIBREE*. فإنه لو أقتصر على المصادرات لصعب على الباحث الأستنباط من المصادرات بغير مقدمات من قوانين هندسية، كما رتبها أقليدس، بعد المصادرات وما أفرط أقليدس فى إحصائها. وواجب على الباحث فى الهندسة أن يستوعب

القوانين الأقليدسية، وأن يستوعب خواصها النوعية *PROPRIETES SPECIFIQUES*، حتى إذا احتاج إلى طلب خواصها، يكون مستعداً لوجودها، وإذا احتاج إلى شيء من الأستنباط فواجب عليه أن يبحث ويصور فى فكره المقدمات والقوانين التى تكون من ذات الجنس أو مشارك بها.

مثلاً: أنا إذا أردنا أن نستخرج شكلاً من جنس المثلث(٦٣) فإنا نحتاج أن نتصور جميع الخواص التى فى المثلثات والقوانين التى ذكرها أقليدس، وما يلزم خواص المثلثات من الزوايا والقسى *ARCS* والأضلاع والخطوط المتوازية، كى يسهل عليه ذلك ويستخرجها، وذلك أن من الأشكال ما يشارك خاصة أو خواص، بعضها لبعض، ومنها ما لا يشارك، ومنها ما تكون مشاركته أقرب، ومنها ما تكون أبعد عل قدر التشاكل والتناسب والتجانس. ويحدد السجزى القواعد العامة التالية :

١) إذا طلبنا استخراج شيء من الأشكال بمقدمة – ونعنى بالمقدمة الشكل الذى يكون مقدماً ومدخلاً – وعسر علينا استخراجه بتلك المقدمة، فواجب علينا حينئذ أن نطلبه بالمقدمات المشاركة لتلك المقدمة. إذا طلبنا من تلك المقدمة طلباً صواباً ويلزم من هذه القضية أن كل شكل من الأشكال مستخرج من مقدمة من المقدمات، فإن المقدمات التى شاركها على نحو ما ذكر سيمكن استخراجه منها، أو من بعضها، على قدر المناسبة ومن خواص الأشكال أن منها ما يسهل استخراجه بمقدمات كثيرة مختلفة وبوجوه كثيرة، ومنها ما يكون استخراجه بمقدمة واحده، ومنها ما لا يوجد له مقدمة، وأن كان ذلك الشكل موهوماً أو مرسوماً صحته فى الطبيعة، ولزوم ذلك من قرب المناسبة بخواص المقدمات وتباينها عنها.

٢) قد يكون للأشكال مقدمات ولمقدماتها مقدمات، ويمكن استخراج تلك الأشكال من مقدمات المقدمات وهذه الخاصة من اشتراك الأشكال، الذى ذكره (٦٤) يمكن أن يصعب استنباط الأشكال – من جهة أنها محتاجة إلى استنباط مقدمات متوالية – من قانون أو قانونين على ما مثله السجزى "فى تسهيل السبل لاستخراج الأشكال الهندسية"، وربما تكون محتاجه إلى قوانين كثيرة ومقدمات كثيرة، ليست متوالية لكن مؤتلفه على ما ذكره السجزي، أيضاً، "فى تسهيل السبل لاستخراج الأشكال الهندسية".

و بعد الانتهاء من هذا العمل التمهيدي، يحدد المهندس ثلاثة طرق ممكنة لحل المسائل المطروحة(٦٥):

١) ***النقل :*** وربما يبدو للباحث طريق، سهل عليه بذلك الطريق استخراج أشكال صعبة عدة، وهو النقل. وشرحه السجزى "فى تسهيل السبل لاستخراج الأشكال الهندسية"، ومثله؛

٢) ***التحليل :*** أن يفرض الغرض المقصود كأنه معمول أن كان الطلب هو العمل، أو صحيح أن كان طلب خاصة، ثم يحله بمقدمات متوالية أو مؤتلفة، إلى أن ينتهى إلى مقدمات صحيحة، صادقة أو كاذبة، فإن انتهى إلى مقدمات صادقه لزم وجود المطلوب له، وأن انتهى إلى مقدمات كاذبة، لزم عدم المطلوب له. يسمى السجزى التحليل بالعكس. وطريق التحليل، لدى السجزي، أعم استعمالاً من سائر الطرق، ومثله السجزى "فى تسهيل السبل لاستخراج الأشكال الهندسية".

٣) ***التركيب :*** عكس التحليل، ذلك أن التركيب هو سلوك الطريق نحو النتيجة بالمقدمات، والتحليل سلوك الطريق نحو المقدمات التى تنتج المطلوب.

ومن شأن الهندسة أن يصير المجهول معمولا *CONSTRUITE* أو معلوماً بها، حينئذ لا تخلو من أن تكون إما أعمالاً وإما خواص وعلى الباحث أن يتأمل أولاً فى السؤال والمطالب. وذلك أن من السؤال ما هو ممكن فى ذاته فى الطبيعة لكن ليس لنا أو محال لنا طلبه، من جهة عدم مقدماته، كتربيع الدائرة، ومنه ما تكون مطالبه سيالة، لا يحصى عدد أمثاله، ومعنى السيالة هى التى ليست بمحدودة حدوداً تامة تميزها عما سواها، ومنه ما يمكن استنباطه إلا أنه يمكن بمقدمات عدة، مثل أشكال أواخر كتاب "المخروطات"، فأنها ليست بسهله بغير مقدمات ابلونيوس، ومثل إشكال أواخر رسالة "الدوائر المتماسة" لآرشميدس.

و يحتاج أن يتخيل فى لحظة واحدة أشكالاً عدة مبنية، عدا القوانين والمقدمات وعامتها تكون فى طلب الخواص، وهذا الرجل الذى يطلب على هذا النحو يسمى أرشميدس بلغه اليونانيين، يعنى المهندس. وواجب على الباحث إذا قصد استنباط شكل من الأشكال، أن يجعل أول الفكر آخر العمل وبالعكس، أن يجعل آخر الفكر أول العمل، كما ذكر السجزى من قبل، بل كما ذكر أرسطو من قبل، فى كتاب عن "ما بعد الطبيعة"[٦٦]، حيث فرق فى إنتاج الظاهرة أيا كانت، بين *noesis* أو الفكر، أى تحديد الشروط الضرورية، و*poeisis* أو العمل، أى تحقيق الظاهرة أو عملها. لكن السجزى يعنى بعبارة " وواجب على الباحث إذا قصد استنباط شكل من الأشكال، أن يجعل أول الفكر آخر العمل وبالعكس، أن يجعل آخر الفكر أول العمل"، أن من واجب الباحث العلمي، حين مقاربته للظاهرة موضع الدرس، أن يقاربها مقاربة مزدوجة، تحليلية وتركيبية، مما يختلف عن منهجية أرسطو فى النظر إلى الفكر والعمل. فإذا افترض الباحث، لدى السجزي، الشيء المطلوب فى أول الأمر، يلزمه نتيجة من المقدمات التى ينحل إليها.

ومن القدماء المهندسين من أستعمل حيلاً، مثل من كان مطالبه من النسبة، واستعمل فيها الأعداد والضرب، أو كان مطلبه مساحة الشكل، أو المساوة، واستعمل فيها تخطيطها على الحرير أو الكاغد، وتوزينها، أو استعمل حيلاً سوى ذلك مما يشبهه فهذه هى سلوك طرق الاستنباط فى الهندسة، ويفصل السجزى الطرق المنهجية الهندسية التى سبق أن أوردها، على النحو التالى :

الطريق الأول : الحذق فى تنسيق الشرائط الضرورية؛

الطريق الثانى : تحصيل القوانين والمقدمات تحصيلاً مستقصى ؛

الطريق الثالث : سلوك طرائق القوانين والمقدمات مسلكاً مستقصى صوباً كيلا يستند بالقوانين والمقدمات والأعمال وترتيبها التى ذكرها وحدها، لكن الجميع بها الحذق والحدس والحيل، وذلك أن مدار الهندسة يجرى على طبع الحيل، لا على الذهن وحده؛

الطريق الرابع : إعلام مشاركتها وتباينها وخواصها وذلك أن الخواص والتشاكل والتضاد فى هذا المذهب من دون إحصاء القوانين والمقدمات ؛

الطريق الخامس : استعمال النقل ؛

الطريق السادس : استعمال التحليل ؛

الطريق الســـابع : استعمال الحيل كما استعمل ايرن *HERON*.

و بعد أن أتى السجزى على هذه الأشياء أتى على كل واحد منها بأمثلة، لأن القول فى الهندسة يكون على وجهين :

القول المطلق على سبيل الإيهام والتخيل؛

الاستقصاء على سبيل الإظهار ووضع الأمثلة، كى تحس وتدرك دركاً تاماً. ولما كان القول فى الهندسة إنما هو على هذين الوجهين، وقد قال السجزى القول المطلق، ثم أتى بالوجه الآخر، أى بسبيل الإظهار والتبليغ فى الأعلام ووضع الأمثلة والاستقصاء.

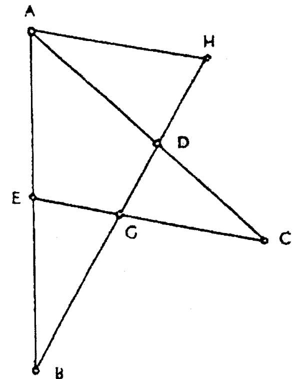
سابعا : تحليل المسائل الهندسية لدى ابن سهل

تقع مخطوطة لابن سهل(٦٧) فى تحليل المسائل الهندسية، فى ما يُعد من أعمال ابن سهل الرياضية المفقودة إلى اليوم. وتشير الشذرات التى بقيت منها بنوع شائع فى ذلك العصر وهو : مصنف مسائل هندسية. هذه المسائل، التى طرحها الرياضى نفسه، أو التى طرحها عليه راسل، يحلها الرياضى تباعًا فى المصنف. فابراهيم بن سنان، فى "المسائل المختارة"، وأبو الجود بن الليث، فى "الهندسيات"، وابن عراق، فى "رسائل

أبى نصر بن عراق إلى البيروني"، وغيرهم من الرياضيين فى ذلك العصر، يشهدون على شيوع هذا النوع من التأليف فى الفلسفة الرياضية، كما أسلفنا من قبل.

ألف ابن سهل مصنفًا فى موضوع المسائل الهندسية، ولكن المؤرخ، اليوم، يجهل عدد المسائل التى عالجها فيه، إذ لم يصله إلا نصوص ثلاثة ضمن رسالة وجهها إليه معاصر له مجهول الهوية. فالتركيب المعروض لكل من مسائله الثلاث هو التركيب التحليلى نفسه الذى كتبه ابن سهل فى صباه، أى فى حوالى الستينيات من القرن العاشر الميلادي. وكان مسعى ابن سهل من أوائل اسهامات الرياضيات العربية، فى إثبات مقدمة أرخميدس فى سياق عمل المسبَّع فى الدائرة. وبرهن ابن سهل المقدمة بنحو أشمل من منهجيات معاصريه وأساليب أرخميدس القديمة. وبرهن مؤلف الرسالة عشر مقدمات قبل الشروع بتركيب المسائل التى حلّلها ابن سهل. ومن بين هذه المقدمات هناك المقدمة الخامسة وهى المقدمة الأساسية فى مسألة ابن سهل الأولى.

و تقول المقدمة الخامسة : لنأخذ مضلعًا رباعيًا كاملاً ذا ستة رؤوس A، B، C، D، E، G، عندئذ ننظر فى الشكل:



(١) $AB/BE = AD/DC.\ CG/GE$

و ليكن AH موازيًا لـــCE، يكون معنا :

$$AB/BE= AH/EG= AH/CG.\ CG/EG=AD/DC.\ CG/GE$$

هذه النتيجة الأخيرة هى نتيجة مُبرهنة منلاوس مطبقة على المثلث AEC، الذى تقطع أضلاعه بالخط المعترض BGD. وينص معكوس المقدمة الخامسة على أنه إذا صحت على النقاط الثلاث D، B، G، الواقعة على أضلع المثلث AEC المعادلة التالية :

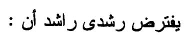
$$\frac{\overline{BA}}{BE}.\frac{\overline{GE}}{GC}.\frac{DC}{DA}=1$$

تستقيم هذه النقاط : G و D و B.

و من بعد إدخال هذه المقدمات العشر، يعرض المؤلف لمسائل ابن سهل الثلاث.

المسألة الأولى

إذا أخذنا دائرة وثلاث نقاط على خط مستقيم، فكيف بالإمكان حصر مثلث DEG فى الدائرة بحيث يمر DE وDG وEG على التوالى بالنقاط : A وB وC ؟ يبدأ رشدى راشد بتلخيص التركيب المعطى عن تحليل ابن سهل، ويفترض أن J هى مركز الدائرة وH وI نقطتا التماس لمماسى هذه الدائرة الصادرين من النقطتين A وB، كما فى الشكلين التاليين :


يفترض رشدى راشد أن :

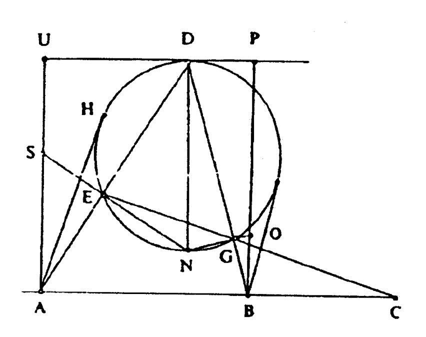
$AH^2/AC.BC/BI^2=K$

ثم يواجه حالات ثلاث إذا كانت

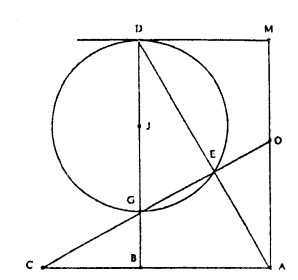
$K<1$ أو$K\ 1$

الحالة الأولى : $K = 1$، أى :

$AH^2/BI^2 = AC/BC$



يرسم رشدى راشد من النقطة J الخط JK المتعامد على المستقيم AB. فيلقى الدائرة فى D وN. كما أن DA يقطع الدائرة فى E والمستقيم DB يقطعها فى G. ويرسم الموازى لـِ AB من النقطة D ؛ العمودى على AB فى A يقطع هذا الموازى فى M والمستقيم NE فى O. أما العمودى على AB فى B فيقطع المستقيم DM فى L والمستقيم GN فى S. فيكون :



$AH^2=AE.AD=AO.AM$

و $BI^2=BG.BD=BS.BL$

لذلك :

$AC/BC= AM.AO/BS.BL= AO/SB$ (لأن : $AM=BL$)

استطاع رشدى راشد كتابة ما يلى :

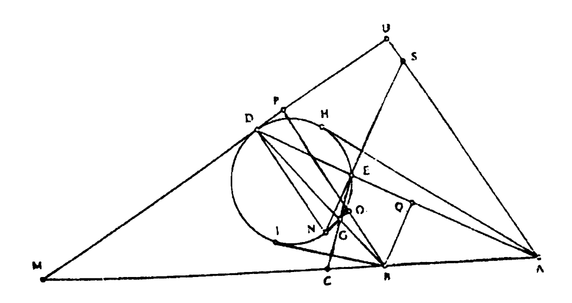
$AC/BC=AO/DN.DN/SB;$

لكى يكون معنا :

$AO/DN = AE/ED$ $DN/SB = DG/GB$ (مثلثات متشابهة)

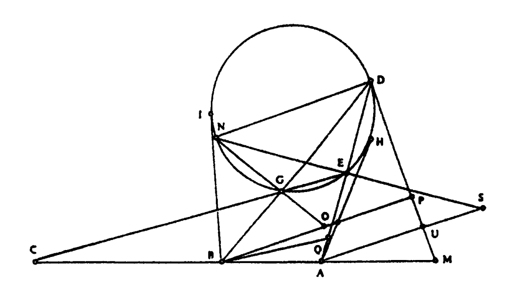
ومنه : $AC/BC = AE/ED.DG/GB$

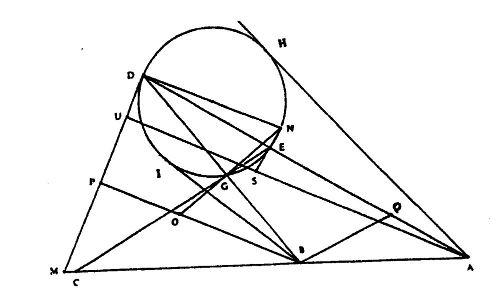
و بموجب معكوس المقدمة الخامسة المطبق على المثلث ABD، تقع النقاط C، G وE على خط مستقيم. وبذلك ينحصر المثلث DGE فى الدائرة حيث DE يمر فى A، وDG فى B، وGE فى C. يعتبر المؤلف المجهول الهوية، وليس بن سهل نفسه، بعد ذلك، فى الحالة الخاصة التى يقع فيها DB عموديًا على AB ويقطع الدائرة فى D وG، كما فى الشكل :



و برهن بالطريقة السابقة نفسها أن DA يقطع الدائرة فى E وأن المثلث DGE هو المطلوب فى المسألة.

<u>الحالتان الثانية والثالثة :</u> $K > l$ أو $K < l$، كما فى الأشكال التالية:





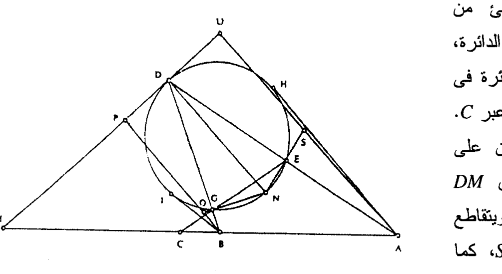
يفترض رشدى راشد النقاط الثلاث $L \cdot K \cdot J$ بهذه الترتيب على مستقيم، بحيث يكون $JK/JL<l$ ويضع، فى الحالة الأولى، النقطة M على AB أبعد من A، بحيث تكون $AB/AM=KL/KJ$ فيحصل على ما يلى :

$$AM/MB= AM/MA+AB= JK/JK+KL= JK/JL<1$$

ثم يضع فى الحالة الثانية، M على AB أبعد من B، بحيث تكون :

$AB/BM=KL/KJ;$

فيحصل على : $AM/MB=AB+BN/MB=JL/JK>1$



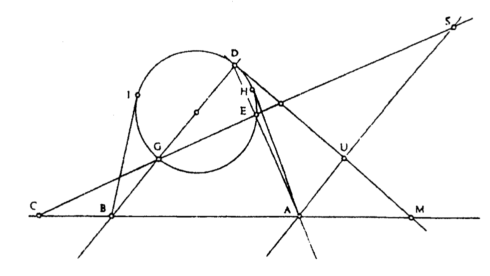
فى هاتين الحالتين ينشئ من النقطة M المماس MD على الدائرة، وعندها يقطع DA وDB الدائرة فى E وG. ويبرهن أن FG تمر عبر C. ويرسم من A وB متوازيين على القطر DN، يقطعان المماس DM على التوالى فى U وP. ويتقاطع المستقيمان NE وAU فى S، كما يتقاطع NG وBP فى O. معنا بالافتراض :

$AH^2/AC.\ BC/BI^2=AM/MB$ $\quad$ $AH^2/BI^2=AM/BM.\ AC/BC$

لكن، $AH^2=AD.AE=AU.AS$ و $BI^2=BG.BD=BO.\ BP$ (مثلثات متشابهة)

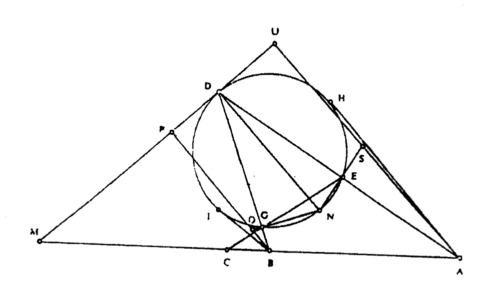
لذلك : $AU/BP.\ AS/BO = AM/MB.\ AC/BC$

وفى هذا الحال : $AU/BP=AM/MB$ ، إذن : $AS/BO=AC/BC$؛



ولكن يبرهن أن $AS/BO=AS/DN.\ DN/OB=$ $AE/ED\ DG/GB$ وبذلك يكون معنا $AC/BC=AE/ED.$ GD/GB، يحصل على النتيجة بموجب معكوس المقدمة الخامسة المطبق على المثلث ABD. ثم ينظر المؤلف المجهول الهوية، الحالة الخاصة حيث DB تمر عبر المركز، كما فى الشكلين التاليين:

عنـــدها تكون النقطتان G وN منطبقتين. يقطع الخط الموازى لـــ DG والمنبثق من A المستقيم GE فى S. وكالسابق، لدينا :



$AS \,.AE = AU \,.AH^2= AD$

و$BG \,.BI^2 = BD$ ،

و كذلك : $AH^2/BI^2=AM/MB.$
AC/BC

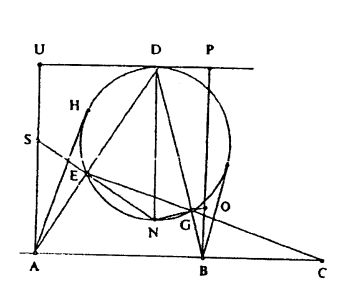
حيث إن : $AM/MB. AC/BC= AU. AS/BG. BD$

و لكن : $AU/BD = MA/MB$ ؛:

لذلك : $AC/BC=AS/BG=AS/DG. DG/BG=AE/ED. DG/BG$

و يستخلص رشدى راشد النتيجة كما فى المثال السابق، بواسطة معكوس المقدمة الخامسة المطبق على المثلث DAB، ومن هذا التركيب، استرجع تحليل ابن سهل، وافترض أن المسألة محلولة، وصاغ تطبيق مبرهنة منلاؤس على المثلث DAB وعلى الخط المعترض CEG :

(١) $ED/EA=1 \;.CA/CB. GB/GD$



إن المماس للدائرة فى النقطة D، وليكن Dx، يقطع AB فى M أو يكون موازيًا له. ليكن DN القطر المنبثق من D، وAU وBP عمودين على Dx ؛ يتقاطع المستقيمان AU وNE فى S وكذلك BP وNG فى O. ليكن AH وBI مماسين على الدائرة. معنا :

$AH^2 = AE$ ،$AD = AU$ ،AS و $BG = BJ^2$ ،$BD = BO$ ،BP، كما فى الشكلين :

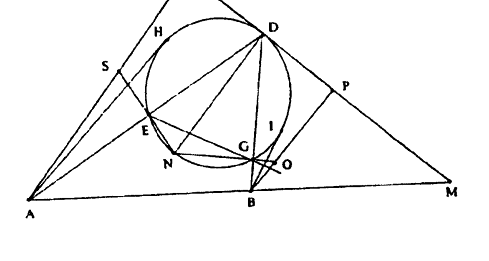
لذلك : $AH^2/BI^2=AU/BP$ ،AS/BO

لكن : $AU/BP=MA/MB$ إذا تقاطع المستقيمان Dx و AB فى M.

$AU/BP=1$ إذا كان Dx و AB متوازيين. ويفترض $AU/BP=K$، فيكون لدينا:

$AS/BO=AS/DN.\ DN/BO=AE/ED.\ GD/GB$

لذلك : $AH^2/BI^2=K.\ AE/ED.\ GD/GB$



و وفقا لـ (١)، نحصل على :

لذلك : $AH^2/CA.\ CB/BI=K$

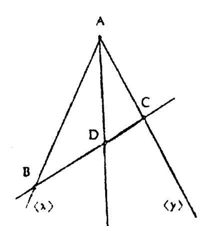
أو : $AH^2/BI^2=K$ ،CA/CB

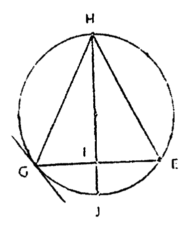
حيث $K = 1$، أو K، $1-$، كما فى الشكلين:

هكذا يفترض رشدى راشد أن ينبسط تحليل ابن سهل، الذى أعاد تأليفه المؤلف المجهول الهوية، وذلك بهدف صياغة التركيب، وبدا حذف ابن سهل التركيب، لرشدى راشد، حذفًا مشروعاً.

المسألة الثانية

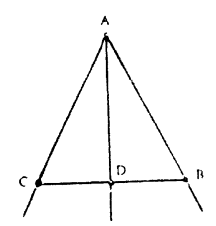
لدينا زاوية xAy ونقطة D على منصتفها. المطلوب إنشاء مستقيم يمر فى D، ويقطع ضلعى الزاوية فى B و C بحيث كون المقطع BC مساويًا لمقطع معين EG، كما فى الشكل:





ثم ينظر رشدى راشد فى تحليل ابن سهل، كما صاغه المؤلف المجهول. ويرسم على المقطع EG قوسًا EGH كفوءا للزاوية xAy، ويتناول الدائرة الكاملة، ويفترض : HJ قطرها العمودى على EG فى وسطه I. إن طول المقطعين AD وHI معروفان. وهناك ثلاث حالات ممكنة :

الحالة الأولى : AD = HI

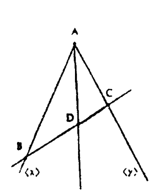


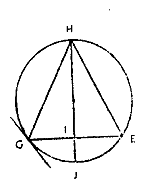
يكون المستقيم المطلوب إنشاؤه هو العمودى فى D على AD، والمثلثان BAC وGHE متساويان، إذن يكون $BC = GH$، كما فى الشكل :

الحالة الثانية: AD > HI

يبين برهان الخلف أن المسألة غير ممكنة الحل، كما فى الشكل:

فلو كان $BC = EG$ و $AB = AC$، لكان المثلثان BAC وEHG متساويين، لأن الزاويتين BAC وEHC متساويتان؛ فيكون $AD = HI$.





وهذا محال. ثم يفترض S نقطة من القوس EH، وتكون الزاويتان GSE وxAy متساويتين، وكذلك الزاويتان GSJ وJSE ؛ معنا $JS < JH$. لكن $JL > JI$، إذن $LS < IH$. ولو كان $AB > AC$ و$BC = EG$، لوجدت نقطة S بحيث يكون المثلثان BCA وGES متساويين. إذن $AD = LS$، وبالتالى $AD < IH$. وهذا أمر محال.

الحالة الثالثة: AD < HI

المسألة ممكنة، كما يبين من الشكل:

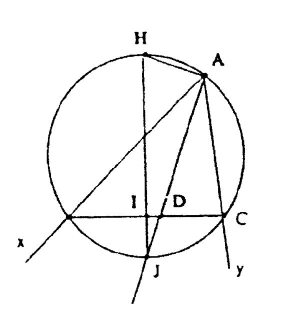
لبرهان هذه الحالة يستند المؤلف المجهول الهوية إلى المقدمة التالية : ليكن a مقطعًا معطيًا، وH مساحة معطية، والمطلوب هو إيجاد مقطع x بحيث يكون $(a + x)\, x = H$. يسعى المؤلف المجهول الهوية للتوصل إلى مثل هذا الإنشاء، عن طريق التقاء قطع زائد قائم مع خط مستقيم. فأيًا كان الوتر JLS (حيث S نقطة على القوس HE) يكون : $JL . JS = JI . JH$ وهو معروف. من ناحية أخرى، بحسب المقدمة السابقة، كما ورد فى المقدمة ٦، يعرف المؤرخ طريقة نقطة K على امتداد AD بحيث يكون: $AK . KD = HJ . JI$

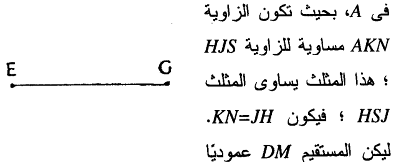
أى : $(AD+KD). KD=(HI+IJ).IJ$

وباستعمال البرهان بالخلف يبين أن : $KD > JI$ و$IJ < AK$.

لدينا أيضًا : $AK . KD = JI . JH = JE^2$، إذًا $AK > JE$.

هناك إذن نقطة S على القوس HE بحيث يكون $JS = AK$، ويتقاطع JS وGE فى L ؛ لدينا $JL = KD$ و$LS = AD$. ننشئ على AK مثلثًا AKN قائم الزاوية فى A، بحيث تكون الزاوية AKN مساوية للزاوية HJS ؛ هذا المثلث يساوى المثلث HSJ ؛ فيكون $KN=JH$. ليكن المستقيم DM عموديًا على KN ؛ المثلثان KDM وJIL متساويان، وعليه : $DM = IL$. المستقيم DM





يقطع Ax فى B وAy فى C، والمثلث ADC مساوٍ للمثلث SLE ؛ يستخلص رشدى راشد من هذا أن المثلث ABC مساوٍ للمثلث SGE.

$\therefore$: $BC = GE$.

كان فى مقدور رشدى راشد، فى هذا السياق، استكشاف تحليل ابن سهل لهذه المسألة الثانية. افترض المعطيات التالية : الزاوية xAy، والنقطة D على منصفها والطول EG ؛ وافترض كذلك المسألة محلولة. وافترض، كذلك، المستقيم BDC المطلوب، فيكون $BC = EG$، كما فى الشكل:

ويرسم رشدى راشد الدائرة المحيطة بالمثلث ABC. تقطع هذه الدائرة المنصف AD فى النقطة J، وسط القوس BC. القطر JH عمودى على BC فى وسطه I. المثلثان JID وJAH قائمان والزاوية J مشتركة بينهما. فهما إذن متشابهان. وبذلك يكون معنا : JI. $JH = JD$. JA لكن JD 2 JI،

وبالتالى : JA 3 JH غير أن : $JH = JI + IH$ و$JA = JD + DA$ ؛

يكون لدينا إذن : IH DA

كان على رشدى راشد، إذن، عند التركيب، أن يعالج حالتى إمكان المسألة، وحالة ثالثة $IH < AD$ – تستحيل فيها المسألة. وهذا ما حلله شارح ابن سهل.

المسألة الثالثة

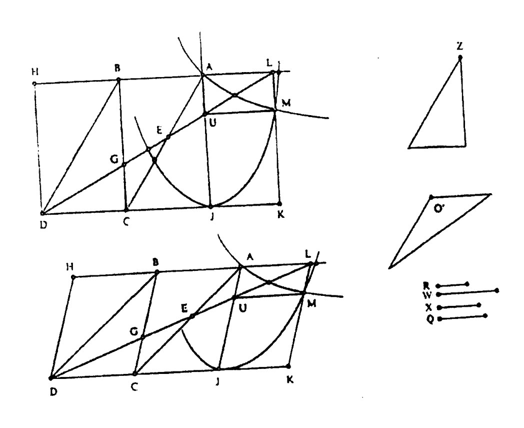
إن المسألة الثالثة هي، على الصعيدين التاريخى والرياضي، أهم المسائل التى حلّلها ابن سهل ورواها مؤلف الرسالة. إنها مسألة أرخميدس المشهورة : عمل المسبع المتساوى الأضلاع فى الدائرة. وحللها ابن سهل تحليلا أشمل. فلقد تلقف رياضيو ذلك العصر هذه المسألة المشهورة. وخطّأ مؤلف الرسالة ابن سهل فى بحثه فى هذه المسألة. فى هذه المسألة أيضًا يبدأ رشدى راشد بتركيب المؤلف المجهول من تحليل ابن سهل ليسترجع بعد ذلك هذا التحليل، لكنه يورد أولاً نص المسألة : ليكن متوازى الأضلاع $ABDC$ وخط زاويته BC ؛ أرسم مستقيمًا مارًا بالنقطة D وقاطعًا BC فى G، وAC فى E، وامتداد AB فى L. بحيث يكون : $aire\ CGE/aire\ EAL=K$ نسبة معطية.

يعرف الزاويتين $GCE = Z$ و$EAL = O'$ ؛ يبرهن بواسطة المقدمة ٩ من الملحق، أن النسبتين:

$aire\ CGE / CG.\ CE$ و $aire\ EAL / AE.AL$

معلومتان، وبالتالي، فإن النسبة : (١) CG. CE ض AE، AL

معلومة أيضاً. ويرمز المؤلف المجهول الهوية إلى هذه النسبة بـ R/X، والمسألة هي إذن إيجاد المستقيم $DGEL$، كي تكون النسبة (١) مساوية لـ R/X، حيث R وX مقطعان معطيان.



الحالة الأولى : $ABC/2$

ويمثل الحالة الأولى الشكل :

لتكن J وH بالتوالي على DC وAB، بحيث يكون AJ $//BC//DH$.

لدينا إذن :

$CJ=AB= CD= BH$. ولنأخذ القطع المكافئ P المار في J، ذا الضلع القائم Q، حيث إن :

$[Q/CD=X/W \cdot W=2R]$

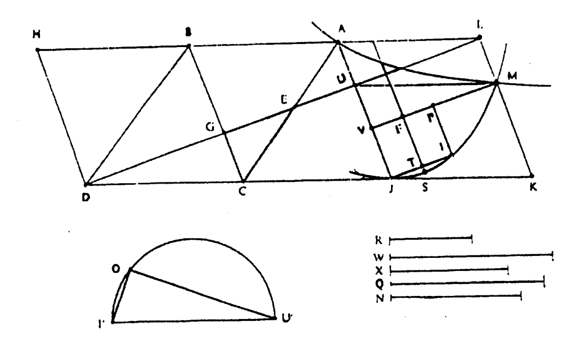
هو المماس لـ DC في J وذا القطر المترافق AJ، وفي حال $ABC∡$ تكون J رأسه وAJ محوره الرئيس، ويعتبر رشدي راشد كذلك القطع الزائد H المار في A وذا خطى التقارب DJ وDH، ويتقاطع هذان القطعان، بالضرورة، في نقطتين، إحداهما M الواقعة على الشريط المحدد بالمستقيمين AB وCD. ثم يرسم ومعلومتان، وبالتالي، فإن النسبـــة : (١) $CG.CE/AE.AL$ من M الموازي للمستقيم BC الذي يقطع AB في L وCD في K. ويكون DL هو المستقيم المطلوب. إذن لتكن U، E وG نقاط التقائه مع BC، CA، JA ؛ يكون معنا إذن:

$MK.KD=AJ.JD = KL$ ،JD لأن $M\epsilon H$

لذلك : $MK/KL=DJ/DK$

و من جهة أخرى، $KL //JU$، معنا : $DJ/DK=JU/KL$

نستنتج منها : $MK = JU$ وبالتالي : $MU//AL$ و$MU = AL$.



عدا أن $M \varepsilon P$ لذا : $MU^2=Q.JU$

معنا إذن $Q/CD=Q.JU/CD.JU=MU^2/CD.JU=AL^2/CD.JU=X/W$

لكن $JU/CG=JD/CD=2=W/R$ وبذلك $JU=CG.\ W/R$ وبالتالى :

$CD.\ CG/AL^2=R/X$ (١)

غير أن : $CD/AL=CE/EA$ ومن هنا فكتابة المعادلة (١) يعيدها على الوجه التالى :

$CE.CG/EA.\ AL=R/X.$

والمستقيم DL يجيب عن المسألة.

الحالة الثانية :

$\measuredangle ABC<\pi/2$ وذلك كما هو وارد فى الشكل التالى

ويفترض رشدى راشد Q كما حددها فى الحالة السابقة، ويتناول نصف دائرة قطرها $I'U'$، والوتر $I'O$، بحيث $\measuredangle U'I'O=\measuredangle ABC$ ويحدد المقطعان N و JI العمودى على JA على التوالى ب :

$JI/N=I'O/U'O$ $Q/N=U'I'^2/U'O^2$

و يفترض T وسط JIو S محددة بالشرطين $TS//AJ, N/JT:$ و $JT/TS=$، ويمر القطع المكافئ P_1 ذو الرأس S، والمحور TS، والضلع القائم N، على النقطتين I و J، لأن $N = TI^2 = JT^2$. TS ؛ وبالقطع الزائد H، المار فى A ذو خطى التقارب DJ و DH، يقطع بالضرورة $P1$ فى نقطتين أحدهما فى الزاوية AJK ؛ فلتكن M هذه النقطة، والخط الموازى لـِ BC والمار على M يقطع AB فى L و CD فى K، فالمستقيم DL الذى يقطع BC فى G، و AC فى E، و AJ فى U هو المستقيم المطلوب. وبرهن رشدى راشد، كما فى الحالة السابقة، أن $ML=AU$ و $MU//AL$، ويسقط من M العمودى MF على ST، ويتقاطع MF و AJ فى V، ثم يتناول النقطة P بحيث تكون F فى وسط المقطع VP، ومعه : $N. SF = MF^2$، لأن $M\ P_1$

من جهة أخرى :

$MF=MP+PF$، لذلك $MF^2=MP^2+PF^2+2MP.PF$

لكن : $PF^2 = UI^2 = N.\ TS$ ؛

إذن :

$$N.\ TF = N.\ JV = 2MP.\ PF + MP^2 = MP.\ MV.\ (١)$$

و ذكر رشدى راشد أن $JI/N=I'O/U'O$، لكن $JI = PV$ و $I'O/U'O=UV/MV$، فى المثلثين المتشابهين $U'I'O$ و MUV، ولديه، إذن، $PV/N = UV/MV$، ولذلك

$$N.\ UV = PV.\ MV (٢)$$

من (١) و(٢) :

$$N.\ JU = MV^2\ .\ (٣)$$

من جهة أخرى $Q/N=U'I'2/U'O2$ و $U'I'/U'O=UM/MV$ (تشابه المثلثات).

لذلك :

$$Q.JU/N.JU=UM^2/MV^2\ (٤)$$

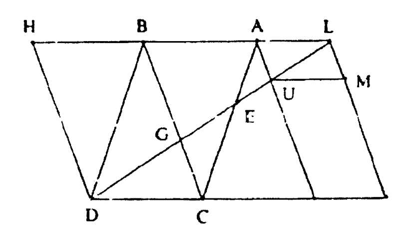
يستنتج رشدى راشد من المعادلتين (٣) و(٤) أن $Q.\ JU = UM^2$، وهى علاقة تعيدنا إلى الحالة السابقة. وهكذا يكتمل البرهان.

إن دراسة التركيب الذى أعطاه المؤلف المجهول الهوية، وكذلك تخطئته لابن سهل، وضع رشدى راشد فى مواجهة مسألتين:

١) تقويم مسألة التركيب تقويما مزدوجا. ويبدو هذا التقسيم غير ضرورى : فلقد برهن فى الحالة الثانية أنه إذا كانت M على القطع الزائد H وعلى القطع المكافئ P_1، يصح على M أن تحقق : $MU^2 = Q.JU$. وبذلك فهى تقع أيضًا على القطع المكافئ P ذى الضلع القائم Q وذى المنحنيين المترافقين JA وAB، أى القطع المستعمل فى الحالة الأولى. فالاستدلال المتبع فى الحالة الأولى، صحيح فى حالات الأشكال الثلاث، ولا ضرورة لفصل هذه الحالات، وهو ما لا بد من تحليله.

٢) يضع المؤلف المجهول الهوية، لنفسه هدفًا هو حل الحالة التى استبعدها ابن سهل لاعتقاده باستحالتها. فيكتب فى بداية المسألة بأنه سيعطى تركيب تحليل ابن سهل، ويعقب التركيب استشهاد بفقرة غامضة أو ركيكة، ينسبها إلى ابن سهل، وفيها تأكيد على أن تحديد نسبة المثلثين DGC وLAE بالتحليل غير ممكن. فكان لا بد من أن يعيد رشدى راشد صياغة تحليل ابن سهل، كما فى الشكل:

وافترض رشدى راشد أنه كشف عن المستقيم $DGEL$ بحيث يكون :



(٥) $CG.CE/AE.AL=R/X$

و AL وCD متوازيان، يصبح لدينا $CE / EA = CD /AL$، وتصير المعادلة إلى الصياغة التالية :

$CD / AL^2 = R / X .CG$.(٥)

لنرسم $AJ//BC$ و$LK//BC$ حيث J وK تقعان على CD ؛ يتقاطع AJ وDL فى U ويكون معنا :

$JU / CG = JD /CD$

لكن : $CJ = AB = CD$، إذن : $JD = 2CD$ و$JU = 2CG$.

إن الخط الموازى لـ AB والمخرج من U يقطع المستقيم LK على M، ونحصل على$AL = MU$ و $UJ = MK$. فيكتب رشدى راشد إذن :

$CD / 2 MU^2 .CD /AL^2 = JU .R / X = CG$

لذلك : $JU .MU^2 = X /2R$.

وإذا وضعنا : $2R=W$ $\qquad\qquad$ $X/W.CD=Q$

يكون معنا : $MU^2 = Q. JU$.

إذن تقع M على القطع المكافئ ذى القطر JA، والضلع القائم Q والذى يكون له JK مماسًا فى النقطة J.
ومن جهة أخرى، لأن AL وDJ متوازيان، يكون :

$AL /DJ = AU / UJ = LM / MK$

ونستنتج من ذلك : $AL + DJ /DJ = LM + MK /MK$

لكن : $AL + DJ = KJ + JD = KD$ و$LM + MK = LK = AJ$ ؛

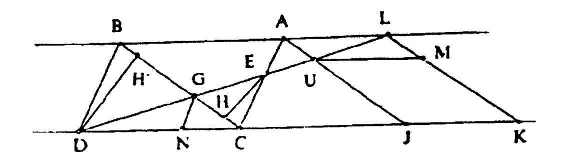
معنا إذن : $DJ .KD = AJ .MK$.

وعليه فإن النقطة M تنتمى إلى القطع الزائد ذى الخطين المتقاربين DK وDH، والذى يمر بالنقطة A، حيث يكون DH موازيًا لـــCB. وهكذا لا يتطلب الاستدلال أى افتراض على الزاوية ABC ؛ ومن غير الضرورى ما يظهر فى التركيب من قسمة إلى حالتين، فلا تبدو، لرشدى راشد، أنها تنتسب إلى تحليل ابن سهل.

لكن هذا الفرق بين تحليل ابن سهل وتركيب المؤلف المجهول لا يقضى على مشكلات المخطوطة كلها. والمؤلف المجهول يورد فقرة لابن سهل مهمة أهمية بالغة فى تأريخ مسألة المسبّع فى الدائرة فى القرن العاشر الميلادي. وبدا فيها كلام ابن سهل، للشني، أحد رياضيى ذلك القرن، كما نقله المؤلف المجهول، كلاما

مرتبكاً. لكن رشدى راشد أعاد ترميم المخطوطة، ثم درس مشروع ابن سهل، فظهر كلام ابن سهل فى مظهر واضح، إذ أن مشروع ابن سهل هو البرهان على مسألة أرشميدس فى الحالة العامة، أى لمتوازى الأضلاع حيث نسبة مساحتى المثلثين تختلف عن الوحدة. يقدم ابن سهل الإنشاء الذى يفضى إلى حل فى حالة مقابلة مساحتى المثلثين CGE وAEL، على حين يقدم أرشميدس الإنشاء الذى يفضى إلى حل حالة المثلثين CGD وAEL. ولا تتطابق هاتان المسألتان، إذ لو أشرنا بـــ H وHص على التوالى إلى إسقاطى E وD على BC، تكون نسبة مساحتى المثلثين CGE وDGC مساوية لـِ :

$EH/DH'=EC/DB=EC/AC$ (المثلثان المتشابهان EHC و$DH'B$)، كما فى الشكل :



من جهة أخرى : $AE/EC = AL/DC$

إذن : $AC/EC = DC + AL/DC = BL/DC$

ذاً تكون النسبة مساوية لـــ $\frac{1}{\lambda+1}=,\frac{AC}{EC}$، حيث فرضنا $\lambda=\frac{AC}{EC}$ ونلاحظ أنها تعتمد على λ لنكتب بـــ λ المعادلة الناجمة عن مساواة نسبة مساحة المثلثين CGE وAEL معطية K (إنشاء ابن سهل). هاتان المساحتان هما :

$Z\ \ 1\backslash 2\ CE.\ CG \sin$ $\qquad\qquad$ $O'\ AL \sin\ \ 1\backslash 2\ AE.$

غير أن $AE=\lambda$ و $AL=\lambda DC$. : تكون النسبة إذاً :

$$\frac{CG \sin z}{\lambda^2 DC \sin O'}=K$$

لنُخرج من G الموازى GN لـــ DB، فيلاقى DC فى N ؛ معنا :

$GC/BC=NC/DC$. لذلك $GC=BC.NC/DC=NC \sin O'/\sin Z$ (المثلث BDC).

نكتب المعادلة إذن :

$$\frac{NC}{\lambda^2 DC} = K$$

نحسب بعدها NC بواسطة معادلتى المستقيمين BC وDL فى محورى الأحداثيات DC وDB. تكتب هاتان المعادلتان على التوالى :

$$\frac{y}{ac} = \frac{x}{dc} \cdot \frac{1}{1x\lambda} \text{ و } \frac{x}{dc} + \frac{y}{ac} = 1$$

فاصلة G هى DN تكون إذًا : $X = DC.\frac{1+\lambda}{2+\lambda}$

وكذلك : $NC = DC - DN = \frac{DC}{2+\lambda}$

وأخيرًا معادلة مسألة ابن سهل هى :

$$(1)\lambda^2(\lambda+2) = \frac{1}{k}$$

بينما معادلة مسألة أرشميدس (المعمّمة) هى :

$$(2)\lambda^2(\lambda+2) = \frac{1}{m}(\lambda+1)$$

حيث : $\frac{tr.DGC}{tr.EAL} = m$ ، لأننا قد رأينا بأن $\frac{k}{m} = \frac{1}{\lambda+1}$

يعطى استئصال λ بين المعادلتين (١) و(٢) ، العلاقة بين k وm .

لدينا : $m+k = k(\lambda+2), m-k = k\lambda$

لذلك :

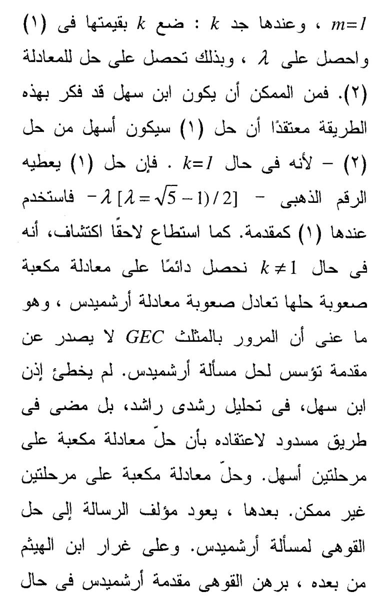
$$(3)(m-k)^2(m+k) = k^3\lambda^2(\lambda+2) = k^2$$

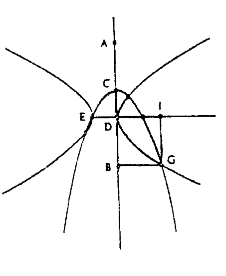
وربما عجز ابن سهل عن البرهان عن المعادل الهندسى لهذه العلاقة، التى هى من الدرجة الثالثة فى k وفى m. ولا يحل إنشاؤه مسألة أرشميدس. فللانتقال إلى هذه المسألة كان لا بد له من معرفة العلاقة :

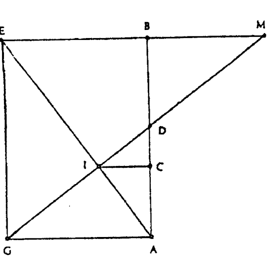
$$(m-k)^2(m+k)=k^3\lambda^2(\lambda+2)=k^2 \quad (٣)$$

وكان لا بد له من حلها بالنسبة إلى k حيث m معلومة. وبدا لرشدى راشد أن المؤلف المجهول الهوية لم يدرك المسألة الحقيقة التى واجهها ابن سهل ، بل بدا لرشدى راشد واضحاً أنه خلط بين مسألة أرشميدس ومسألة ابن سهل. وكتب المؤلف المجهول الهوية فى مخطوطته "المثلث CGD" بدلاً من "المثلث CGE" مما أظهر لرشدى راشد حدود نقد المؤلف المجهول لابن سهل فى هذا المجال.

ثم تساءل رشدى راشد عن الدافع الذى حث ابن سهل على دراسة المثلثين CGE وAEL. من المعقول جدًا أن يكون ابن سهل تصور عطفه هندسية، معادلة للعطفه الجبرية التالية : فتش عن حل للمعادلة (٣) لقيمة $m=1$ ، وعندها جد k : ضع k بقيمتها فى (١) واحصل على λ ، وبذلك تحصل على حل للمعادلة (٢). فمن الممكن أن يكون ابن سهل قد فكر بهذه الطريقة معتقدًا أن حل (١) سيكون أسهل من حل (٢) – لأنه فى حال $k=1$. فإن حل (١) يعطيه الرقم الذهبى – $\lambda\ [\lambda=\sqrt{5}-1)/2]$ – فاستخدم عندها (١) كمقدمة. كما استطاع لاحقًا اكتشاف، أنه فى حال $k\neq 1$ نحصل دائمًا على معادلة مكعبة صعوبة حلها تعادل صعوبة معادلة أرشميدس ، وهو ما عنى أن المرور بالمثلث GEC لا يصدر عن مقدمة تؤسس لحل مسألة أرشميدس. لم يخطئ إذن ابن سهل، فى تحليل رشدى راشد، بل مضى فى طريق مسدود لاعتقاده بأن حلّ معادلة مكعبة على مرحلتين أسهل. وحلّ معادلة مكعبة على مرحلتين غير ممكن. بعدها ، يعود مؤلف الرسالة إلى حل القوهى لمسألة أرشميدس. وعلى غرار ابن الهيثم من بعده ، برهن القوهى مقدمة أرشميدس فى حال







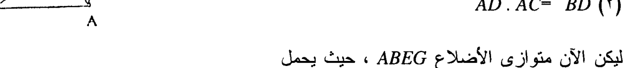
متوازٍ للأضلاع ونسبة مساوية لواحد ، واستخدم تقاطع قطع مكافئ مع قطع زائد، والقطع المكافئ المستعمل هو نفسه فى الدراستين، فى حين يختلف القطعان الزائدان. يتناول المؤلف المجهول الهوية مسعى القوهى على الوجه الذى عرض رشدى راشد له:

ليكن مقطع CD ولنرسم DC عموديًا على DE ومساوٍ له ؛ القطع المكافئ ذو الرأس C، والضلع القائم DE والمحور CD يمر فى E لأن $ED^2 = DC.DE$. ليكن H القطع الزائد ذا الرأس D ، والمحور ED والذى ضلعه القائم يساوى ED، وهو قطع زائد قائم ؛ H يقطع P فى أربع نقاط . نختار على فرع القطع الزائد الذى رأسه D نقطة G يكون إسقاطها فى B على امتداد CD ؛ وليكن إسقاط G على ED هو I . ونمد DC بطول $CA = BG = DI$، كما فى الشكل :

فتكون $AD = EI$ ، وإذا كانت :

$$G\varepsilon P, GB^2 = CB.DE = CB.CD = AC^2$$

$$G\varepsilon H, GI^2 = EI.ID = AD.AC$$



وبذلك تحقّق القسمة D,C,A و B :

$CB . CD = CA^2$ (١)

$AD . AC = BD^2$ (٢)

ليكن الآن متوازى الأضلاع $ABEG$ ، حيث يحمل الضلع AB القسمة A, C,D,B . يقطع المستقيم GD خط الزاوية فى I كما يقطع امتداد EB فى M. يكون عندئذ مساحتا المثلثين GAI و BDM متساويتين، كما فى الشكل:

نحصل من (١) على $BC/AC = AC/CD$، لذلك $CD/AB/AC = AD$، إذا قطع الموازى لـِ BE والممدود من C كلا من AE فى I_1 و GD فى I_2، يكون معنا :

$$AB/AC = BE/CI_1 \text{ و } AD/CD = AG/CI_2$$

غير أن $BE = AG$ ، إذن $CI_1 = CI_2$؛ فالنقطتان I_1 و I_2 منطبقتان في I، نقطة تقاطع AE و GD، والمستقيم CI هو بالتالى موازٍ لــ AG. ويكتب رشدى راشد المساواة (٢) :

لكن $BD/AD = AC/BD$، و $AG \,|BD/AD = BM$ و $AC/BD = GI/DM$،

لذلك $BM/AG = GI/DM$، وبالتالى . $MB \,.\, MD = GI \,.\, GA$

مساحتا المثلثين BMD وIGA متساويتان. لأن الزاويتين M وG متساويتان. هذه هى طريقة القوهى التى أخذ بها المؤلف المجهول، بحسب عرض رشدى راشد. وأراد المؤلف المجهول أن يتجاوز ذلك إلى حل الحالة التى درسها ابن سهل لبيان إمكان التعميم. هكذا إذا أردنا أن تكون :

مساحة GIA=K/L مساحة BDM

فإن رشدى راشد انطلق من المقطع CD ، وينشئ كالسابق القطع المكافئ P . ثم ينشئ القطع الزائد H_I ، ذا الرأس E ، والمحور DE ، والذى ضلعه القائم H محددًا بالعلاقة :

$$H/DE = K/L$$

تقاطع P وH_1 فى النقطة G التى تسقط فى B على امتداد CD. فيكون:

وإذا مدّ DC أبعد من C بطول $AC = GB$ ، فيكون لدينا :

$$G\varepsilon P, GB^2 = CB.DE. = CB.CD$$
$$G\varepsilon H, GI^2 = EL.ID.H/ED = EI.ID.K/L$$

(١) $CB \,.\, CD = {}^{٢}AC$ ،

(٣) $AD \,.\, AC,\ K/L = {}^{٢}BD$

من المساواة (١) يستنتج رشدى راشد كالسابق أن CI موازٍ لـ AB. ومن المساواة (٣)، يستخلص رشدى راشد أن :

$AD \,.\, AC = BM/AG \,.\, DM/IG = K/L|\,{}^{٢}BD$.

الهوامش

١) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ.ج.بريل، ٢٠٠٠ . وقد صدر فى فى اللغة الفرنسية، وقد اعتمد كاتب هذه السطور على الأصل الفرنسي. وفيما يتعلق بسيرة ابراهيم ابن سنان، لا بد من الرجوع إلى بحث رشدى راشد عنه فى : "إبراهيم ابن سنان"، قاموس السير العلمية، الجزء السابع، نيويورك : سكربنر، ١٩٧٣، ص ٢-٣، ونص بحث رشدى راشد صدر فى اللغة الفرنسية فى نيويورك فى الولايات المتحدة الأمريكية.

٢) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ٩٥-٢٢٨ .

٣) د. رشدى راشد، ، "الرياضيات التحليلية بين القرن التاسع والقرن الحادى عشر"، "المجلد الرابع، ابن الهيثم، التحويلات والمناهج الهندسية وفلسفة الرياضيات"، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، ٢٠٠٢، ص ٧٤٢-٧٦٦ .

٤) د. رشدى راشد، ، "الرياضيات التحليلية بين القرن التاسع والقرن الحادى عشر"، "المجلد الرابع، ابن الهيثم، التحويلات والمناهج الهندسية وفلسفة الرياضيات"، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، ٢٠٠٢، ص ٧٦٦-٨٢٦ .

٥) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ٣٣٧-٤٢٩ .

٦) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ٩٥-٢٢٨ .

٧) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ٥٨١-٧٦١ .

٨) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ٢٦٣-٢٩١ .

٩) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ٩٨-٩٩ .

١٠) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠١ .

١١) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠١ .

١٢) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠١ .

١٣) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠١ .

١٤) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠١ .

١٥) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٢٣ .

١٦) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٣ .

١٧) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١١١ .

١٨) الخوارزمي، الجبر والمقابلة، مرجع سبق ذكره، ص ٢٠ .

١٩) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٥ .

٢٠) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٥ .

٢١) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٢٧ .

٢٢) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٢٧ .

٢٣) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٧ .

٢٤) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٩ .

٢٥) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٩ .

٢٦) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٠٩ .

٢٧) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١١١ .

٢٨) د. رشدى راشد، "إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي"، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ. ج. بريل، ٢٠٠٠، ص ١٣١ .

٢٩) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الأول، المؤسسون والشارحون، بنوموسى، بن قرة، ابن سنان، الخازن، القوهي، ابن السامح، ابن هود، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ١٩٩٦؛ د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الثاني، الحسن بن الهيثم، ، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ١٩٩٣؛ د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الثالث، الحسن بن الهيثم، القطوع المخروطية، الأعمال الهندسية، الهندسة العملية، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٠؛ د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ .

٣٠) الهندسة وعلم الضوء فى القرن العاشر، ابن سهل والقوهى وابن الهيثم، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٩٣، ٧٠٥ صفحة. تمت الترجمة من اللغة الفرنسية الى اللغة العربية بمعرفة د. شكر الله الشالوحي، ومراجعة د. عبد الكريم العلاف، وصدرت عن مركز دراسات الوحدة العربية، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب، ٣، بيروت-لبنان ، أغسطس ١٩٩٦ ، مرجع سبق ذكره.

٣١) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الثاني، الحسن بن الهيثم، ، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ١٩٩٣، ص١-٢٩ .

٣٢) مصطفى نظيف، "محاضرات ابن الهيثم التذكارية"، المحاضرة الأولى، محاضرة عامة عن الحسن بن الهيثم، والناحية العلمية منه، وأثره المطبوع فى علم الضوء، القاهرة، جامعة فؤاد الأول، كلية الهندسة، يوم الأربعاء ١٢ ابريل ١٩٣٩، مطبعة فتح الله إلياس نوري وأولاده بمصر، ص١٩-٤٠ .

٣٣) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٢٣١ . وقد وردت مقالة الحسن بن الحسن بن الهيثم نفسها فى التحليل والتركيب فى : د. رشدى راشد، "التحليل والتركيب عند ابن الهيثم، الرياضيات والفلسفة من العصر القديم الى القرن السابع عشر"، "دراسات مهداة لجول فيلمان"، نشرها رشدى راشد، باريس دار نشر المركز القومى الفرنسى للبحث العلمى بباريس، ١٩٩١، ص ١٣١-١٦٢ . وهوفى اللغة الفرنسية ثم صدرت الترجمة الإنجليزية : س.س. جولد ور.س. كوهين (ناشران)، "التمثيليات والممارسة الاجتماعية"، دار كلوير الأكاديمية، ١٩٩٤، ص ١٢١-١٤٠؛ "الفلسفة الرياضية لابن الهيثم"، المجلد الأول، التحليل والتركيب، مجلة منوعات المعهد الدومينيكى للدراسات الشرقية بالقاهرة، العدد ٢٠، ١٩٩١، ص ٣١-٢٣١ . فى اللغة الفرنسية؛ الفلسفة الرياضية عند ابن الهيثم، المجلد الثاني، مجلة منوعات المعهد الدومينيكى للدراسات الشرقية، القاهرة، العدد ٢١، ١٩٩٣، ص ٨٧-٢٧٥ . فى اللغة الفرنسية؛ ابن الهيثم، رياضيا من العصر الفاطمي، مصر الفاطمية، فنها وتاريخها، أعمال مؤتمر باريس، الأيام ٢٨ و٢٩ و٣٠ مايو١٩٩٨، إشراف ماريان باروكون، باريس، مطبوعات جامعة باريس-السوربون، ١٩٩٩، ص ٥٢٧-٥٣٦ . فى اللغة الفرنسية.

٣٤) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٢٣١ .

٣٥) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٤٤٣-٥٨٥.

٣٦) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٨٣-١٠١ .

٣٧) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٤٩١ ومابعدها.

٣٨) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٥٣٩ ومابعدها.

٣٩) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٤٤٧-٤٨٩.

٤٠) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٦٦٥-٦٨٧.

٤١) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٢٣٥ وما بعدها.

٤٢) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٤٤٦ وما بعدها.

٤٣) وردت الترجمة فى ظهر الورقة العاشرة من الجزء السادس من كتاب " المنهل الصافى ، والمستوفى بعد الوافى " للعلامة جمال الدين يوسف الأتابكى الظاهرى المخطوط بمكتبة الأزهر ، قسم التاريخ تحت رقم ٦١٧ خصوصى ، ٦٨٦٥١ عمومى، نقلا عن كتاب : ابن سينا، "الإشارات والتنبيهات"، مع شرح نصير الدين الطوسي، وبتحقيق د. سليمان دنيا، القسم الأول، دار المعارف بمصر، ١٩٦٠، ص ١١٩-١٢٥؛ أنظر : وفيات الأعيان ٣، ١٤٩، المنهل الصافى ٣، ٢٦٥، روضات الجنات ٦٠٥، مفتاح السعادة، ١، ٢٦١ .

٤٤) د. رشدى راشد، "التوافيق والميتافيزيقا، ابن سينا، الطوسى والحلبي"، فى "نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر"، د. رشدى راشد وجوال بيار (تحرير)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٦١-٨٥ .

٤٥) الفارابي، "كتاب آراء أهل المدينة الفاضلة"، قدم له وعلق عليه د. ألبير نصرى نادر، ط٤، دار المشرق، بيروت-لبنان، ١٩٧٣، ص٥٥-٥٧ .

٤٦) الفارابي، "كتاب آراء أهل المدينة الفاضلة"، قدم له وعلق عليه د. ألبير نصرى نادر، ط٤، دار المشرق، بيروت-لبنان، ١٩٧٣، ص٦١-٦٣ . حسين على محفوظ، جعفر آل ياسين، مؤلفات الفارابي، وزارة الاعلام، بغداد-العراق، ١٩٧٥؛ حسين على محفوظ، الفارابى فى المراجع العربية، ج١، وزارة الإعلام، بغداد-العراق، ١٩٧٥ .

٤٧) د. عبد الرحمن بدوى (تحقيق وتقديم)، أفلوطين عند العرب، وكالة المطبوعات، ط٣، الكويت، ١٩٧٧؛ د. عبد الرحمن بدوى (تحقيق وتقديم)، الأفلاطونية المحدثة عند العرب، وكالة المطبوعات، ط٢، الكويت، ١٩٧٧ . د. قاسم غنى، تاريخ التصوف فى الإسلام، ترجمه عن الفارسية صادق نشأت، راجعه د. أحمد ناجى القيسى ود. محمد مصطفى حلمي، القاهرة، دار النهضة العربية، ١٩٧٠؛ د. مصطفى غالب، الحركات الباطنية فى الإسلام، دار الأندلس، بيروت-لبنان، ط٢، ١٩٨٢؛ أفلوطين، التساعية الرابعة فى النفس، دراسة وترجمة د. فؤاد زكريا ومراجعة د. محمد سليم سالم، هيئة الكتاب، ١٩٧٠ .

٤٨) د. رشدى راشد، التوافيق والميتافيزيقا، ابن سينا، الطوسى والحلبي، فى "نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر"، د. رشدى راشد وجوال بيار (تحرير)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٧٧-٧٨ .

٤٩) د. رشدى راشد، التوافيق والميتافيزيقا، ابن سينا، الطوسى والحلبي، فى "نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر"، د. رشدى راشد وجوال بيار (تحرير)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٧٩ .

٥٠) د. رشدى راشد، التوافيق والميتافيزيقا، ابن سينا، الطوسى والحلبي، فى "نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر"، د. رشدى راشد وجوال بيار (تحرير)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٧٠ .

٥١) د. رشدى راشد، التوافيق والميتافيزيقا، ابن سينا، الطوسى والحلبي، فى "نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر"، د. رشدى راشد وجوال بيار (تحرير)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٧٠ .

٥٢) د. رشدى راشد، التوافيق والميتافيزيقا، ابن سينا، الطوسى والحلبي، فى "نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر"، د. رشدى راشد وجوال بيار (تحرير)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٧٣ .

٥٣) د. رشدى راشد، التوافيق والميتافيزيقا، ابن سينا، الطوسى والحلبي، فى "نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر"، د. رشدى راشد وجوال بيار (تحرير)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩، ص ٧٥ .

٥٤) كتاب "الباهر فى الجبر" للسموءل (تحقيق مشترك مع أحمد سعيدان)، دمشق، مطبوعات جامعة دمشق، ١٩٧٢ .

٥٥) سالم يفوت، ابن حزم والفكر الفلسفى بالمغرب والأندلس، الدار البيضاء، المغرب، ط١، ١٩٨٦.

٥٦) ابن تيمية، "موافقة صحيح المنقول لصريح المعقول"، القاهرة، ١٩٥١ .

٥٧) الفارابي، "إحصاء العلوم"، مرجع سبق ذكره، ص٥٣ .

٥٨) السموأل، "الباهر فى الجبر" (تحقيق مشترك مع أحمد سعيدان)، دمشق، مطبوعات جامعة دمشق، ١٩٧٢، ص ٢٢٧-٢٥.

٥٩) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٧٦٧-٨٢.

٦٠) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٧٦٧ .

٦١) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٧٦٧ .

٦٢) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٧٦٩ .

٦٣) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٧٦٩ .

٦٤) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٧٧٥ .

٦٥) أرسطو، "مابعد الطبيعة"٦٦ ، z، ٧، ١٠٣٢، ب ١٥-٣٠، وفى كتابه عن "حركات الحيوانات"، ٧، ٧٠١ وحتى ٣١ .

٦٦) د. رشدى راشد (تحقيق وتقديم)، "الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس"، الجزء الرابع، الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٠٠٢ ، ص ٧٧٣-٧٧.

٦٧) د. رشدى راشد، "الهندسة والمناظر فى القرن الرابع الهجري، ابن سهل والقوهى وابن الهيثم"، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٩٣، ٧٠٥ صفحة. تمت الترجمة من اللغة الفرنسية الى اللغة العربية بمعرفة د. شكر الله الشالوحي، ومراجعة د. عبد الكريم العلاف، وصدرت عن مركز دراسات الوحدة العربية، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب، ٣، بيروت-لبنان ، أغسطس ١٩٩٦، ص ١٠٦-١٢٦ .

الفصل الثانى

رياضيات الفلاسفة

"ينبغي أن لا نستحي من استحسان الحق واقتناء الحق من أين أتي، وإن أتى من الأجناس القاصية عنا والأمم المباينة لنا، فإنه لا شيء أولى بطالب الحق من الحق"

الكندي

"لم يكن في الإسلام من اشتهر عند الناس بمعاناة علم الفلسفة حتى سموه فيلسوفا غير يعقوب هذا"

ابن العبري

أولا : الميتافيزيقا وهيئة العالم عند الكندي، أبو يوسف يعقوب بن إسحاق بن الصباح بن عمران بن إسماعيل ابن محمد بن الأشعث بن قيس بن معدى كرب (نحو بداية القرن التاسع الميلادي-نحو نهاية الثلث الثاني من القرن التاسع الميلادي)

حقق رشدى راشد الأعمال الفلسفية والعلمية للكندى بوجه عام، وأعمال الكندى فى البصريات وعلم الضوء والميتافيزيقا وعلم الهيئة بوجه خاص، وشرحها شرحا تاريخيا ورياضيا وفلسفيا، وترجمها إلى اللغة الفرنسية[١] . حقق فى ميدان الميتافيزيقا وعلم الهيئة، كتاب الكندى إلى المعتصم بالله فى الفلسفة الأولى. وترجم رد ابن حزم على ابن النغريلة اليهودى ورسائل أخرى. وحقق قول الكندى فى الرد على النصارى وإبطال تثليثهم على أصل المنطق والفلسفة. وترجم رواية ابن عبد ربه الأندلسى فى كتاب "العقد الفريد" على بحث الكندى فى الفلسفة الأولى[٢] ، ورواية أبى سليمان السجستانى فى "منتخب صوان الحكمة ورسائل أخرى"[٣] . وحقق وترجم رسالة الكندى فى وحدانية الله وتناهى جرم العالم، ورسالة الكندى فى مائية ما لا يمكن أن يكون لانهاية له وما الذى يقال فيه لا نهاية له، ورسالة الكندى إلى أحمد بن محمد الخراسانى فى إيضاح تناهى جرم العالم، ورسالة الكندى فى الفاعل الحق الأول التام والفاعل الناقص الذى هو بالمجاز، وغيرها من الرسائل والأعمال العلمية والفلسفية الغير المحققة من قبل للكندى أو الغير المترجمة من قبل فى اللغة الفرنسية.

تعلم الكندى فى الكوفة ثم فى بغداد حيث كانت المدينتان مزدهرتين على مستوى الثقافة والفكر والعلم. وألحقه الخليفة المأمون ببيت الحكمة الذى كان قد أسسه. وجعله خلف المأمون، المعتصم، مربيا لأبنه أحمد. لم يكن مرضياً عنه فى ظل الواثق، لكنه ما لبث أن عاد فى عصر المتوكل ثم خفت نجمه فى ظل المنافسة

بينه وبين أقرانه أمثال بنو موسى وغيرهم من العلماء. من هنا عاش الكندى أغلب فترات حياته فى جو من النشاط العلمى المتقدم. عاش فى ذلك العصر الذى شهد نقل العلم اليونانى، والفارسي، والهندي، واستيعابه، وتجاوزه إلى آفاق أرحب. نقلت العلوم الغير العربية إلى اللغة العربية من اللغة السريانية، وغيرها من اللغات. ترجم الكندى وفريقه، أعمال أرسطو، وأفلوطين، وبرقلس. وكان الكندى مكلفاً من المأمون بمراجعة الترجمة وضبطها على الحرف العربي.

إكمال علم الأوائل

إن المشروع الذى حدده فى أوائل بحثه "فى الفلسفة الأولى"، بوجه خاص، يعنى استعادة القدامى وإكمال عملهم. وهذا يعنى أن الكندى لا يعبر عن الفكر أليونانى باللغة العربية وحسب إنما يدّعى لنفسه شيئا من الأصالة الفكرية. وتدل على ذلك العبارة التى تتصدر الكلام على الفلسفة الرياضية لدى الكندي، والتى يقول فيها إنه "ينبغى أن لا نستحى من استحسان الحق واقتناء الحق من أين أتي، وإن أتى من الأجناس القاصية عنا والأمم المباينة لنا، فإنه لا شيء أولى بطالب الحق من الحق، وليس ينبغى بخمس الحق ولا تصغير بقائله ولا بالآتى به، ولا أحد بخس الحق، بل كل يشرفه الحق."[٤]

إن المشروع الذى حدده فى أوائل بحثه "فى الفلسفة الأولى"، بخاصة، عنى به الكندى استعادة القدامى وإكمال عملهم. وهذا عنى الكندى به لا التعبير عن الفكر اليونانى باللغة العربية وحسب إنما عنى الكندى به التعبير عن فكر متميز فى اللغة العربية. وليس من شك فى أن الكندى عبر عن الفكر اليونانى حين قال فى كتابه إلى المعتصم بالله فى الفلسفة الأولى، إن "أعلى الصناعات الإنسانية منزلة ، وأشرفها مرتبة ، صناعة الفلسفة، التى حدها علم الأشياء بحقائقها بقدر طاقة الإنسان."[٥] فالمقطع الأول من هذا الحد للفلسفة -علم الأشياء بحقائقها- يشبه تعريف أرسطو فى الميتافيزيقا،α، ١، ٩٩٣ ب ١٩-٢٠، لكن الحد فى مجموعه - علم الأشياء بحقائقها بقدر طاقة الإنسان- يبدومستلهما من مقدمات الشراح السكندريين آمونيوس، وإلياس، ودافيد، لمقدمة بورفريوس، ويعطى آمونيوس، وإلياس، ودافيد ويشرحون الحدود المتعددة للفلسفة. والحد الأول هو أن الفلسفة هى علم الكائنات بوصفها كائنات. والحد الرابع، الوارد فى محاورة تيتاؤوس لأفلاطون، ١٧٦أ-ب، هو أن الفلسفة تنهض على مشابهة الإنسان للإله بقدر طاقته. ويبدو أن الكندى استلهم هذه التعريفات للفلسفة من هؤلاء المؤلفين. وأورد الكندي، من جهة أخرى، الإضافة التالية " إن غرض الفيلسوف فى علمه إصابة الحق، وفى عمله العمل بالحق."[٦] فالمقطع الأول والثانى من هذا الحد للفلسفة -إن غرض الفيلسوف فى علمه إصابة الحق، وفى عمله العمل بالحق- يشبه تعريف أرسطو فى "الميتافيزيقا"، å، ١، ٩٩٣ ب ٢٠-٢١ . وأورد الكندي، من جهة ثالثة، الإضافة التالية : "لا الفعل سرمدًا ، لأنا نمسك وينصرم

الفعل، إذا انتهينا إلى الحق. ولسنا نجد مطلوباتنا من الحق من غير علة."[٧] ويستعير الكندي، من خلال عبارة –ولسنا نجد مطلوباتنا من الحق من غير علة–، عبارة أرسطو الواردة فى "الميتافيزيقا"، α ، ١، ٩٩٣ ب ٢٣–٢٤ . والجدير بالذكر أن الحق، من جهة، والأول، من جهة أخرى، من الأسماء الإلهية. وأورد الكندي، من جهة رابعة، أن "علة وجود كل شيء وثباته الحق ، لأن كل ما له آنية له حقيقة ، فالحق اضطرارًا موجودًا إذًا لإثبات موجودة . وأشرف الفلسفة وأعلاها مرتبة الفلسفة الأولى ، اعنى علم الحق الأول الذى هو علة كل حق."[٨]

ويستعير الكندي، من خلال هذه العبارات، عبارة أرسطو الواردة فى "الميتافيزيقا"، α ، ١، ٩٩٣ ب ٢٧–٣٠ . وفى موضع آخر، حدد الأسئلة العلمية على النحو التالى : "المطالب العلمية أربعة، كما حددنا فى غير موضع من أقاويلنا الفلسفية، إما هل ، وإما ما ، وإما أيّ، وإما لم."[٩] ويستعير الكندي، من خلال "المطالب العلمية الأربعة"، تقسيم أرسطو الوارد فى "التحليلات الثانية"، ٢، ١، وترتيب المطالب العلمية الأربعة الذى يتبعه الكندى هو ترتيب المطالب العلمية الأربعة، الوارد فى شروح إلياس ودافيد. وفى شرحه للأسئلة العلمية، يقول الكندى : "فأما "هل" فإنها باحثة عن الآنية فقط ، فأما كل أنية لها جنس، فإن الـــ"ما" تبحث عن جنسها؛ و"أي" تبحث عن فصلها، و"ما" و"أي" جميعًا تبحثان عن نوعها؛ و"لم" عن علتها التمامية، إذ هى باحثة عن العلة المطلقة."[١٠] وفى شرحه للأسئلة العلمية، يقول الكندي، بوجه خاص، إن ""أي" تبحث عن فصلها"، أى أن أى –*poion* اليونانى القديم– لا تبحث عن الكيف ولا عن الكيفية، إنما تبحث عن فصلها الجنسي. وهو بحث عائد إلى بورفريوس، وأورده آمونيوس ودافيد، والكندي، فى صورة "الأيبيا"، المنحوتة على نسق أيّ، فى الفصل الثانى من كتابه إلى المعتصم بالله فى الفلسفة الأولى. ويجمع الكندى فى نسق واحد جهات عدة مهمة من فلسفة أرسطو على النحو التالى :

١– ***الفيزياء :*** "إن كل علة إما أن تكون عنصرًا ، وإما صورة ، وإما فاعلة– أعنى ما منه مبدأ الحركة – وإما متممة ، أعنى ما من أجله كان الشيء"؛

٢– ***النظرية الآرسطية–البورفية فى المحمولات :*** "فأما "هل" فإنها باحثة عن الآنية فقط ، فأما كل آنية لها جنس، فإن الـــ"ما" تبحث عن جنسها؛ و"أي" تبحث عن فصلها، و"ما" و"أي" جميعًا تبحثان عن نوعها؛ و"لم" عن علتها التمامية، إذ هى باحثة عن العلة المطلقة. وبين أنا متى أحطنا بعلم عنصرها فقد أحطنا بعلم جنسها، ومتى أحطنا بعلم صورتها فقد أحطنا بعلم نوعها. وفى علم النوع علم الفصل. فإذا أحطنا بعلم عنصرها وصورتها وعلتها التمامية فقد أحطنا بعلم حدها. وكل محدود فحقيقته فى حده."؛

٣- ***نظرية المعرفة العلمية :*** "المطالب العلمية أربعة، كما حددنا فى غير موضع من أقاويلنا الفلسفية، إما هل ، وإما ما ، وإما أي، وإما لم."

و يسجل رشدى راشد الهوة بين العلل والمطالب العلمية، كما يسجل، من جهة أخرى، الهوة بين "الوجود من دون إضافة"، وبين "العلة الفعالة". وفى ما يقول الكندى إنه "غير ممكن أن يجتمع فى زمن المرء الواحد- وإن اتسعت مدته ، وأشتد بحثه، ولطف نظره ، وأثر الدأب- ما اجتمع بمثل ذلك من شدة البحث، وألطاف النظر، وإيثار الدأب ، فى أضعاف ذلك من الزمان الأضعاف الكثيرة. فأما أرسطو طالس، مبرز اليونانيين فى الفلسفة ، فقال : "ينبغى لنا أن نشكر آباء الذين أتوا بشيء من الحق، إذ كانوا سبب كونهم ، فضلاً عنهم ، إذ هم سبيلهم ، وإذ هم سبب لنا إلى نيل الحق". فما أحسن ما قال فى ذلك."(١١) فإن الكندى يستعير عبارة أرسطو الواردة فى "الميتافيزيقا"، α، ١، ٩٩٣ أ ٣٠ ب٤. وحين يقول الكندى : "فأما أرسطو طالس، مبرز اليونانيين فى الفلسفة ، فقال : "ينبغى لنا أن نشكر آباء الذين أتوا بشيء من الحق، إذ كانوا سبب كونهم ، فضلاً عنهم ، إذ هم سبيلهم ، وإذ هم سبب لنا إلى نيل الحز . فما أحسن ما قال فى ذلك."(١٢) ، فإن الكندى لا يستعير عبارة أرسطو الواردة فى "الميتافيزيقا"، α ، ١، ٩٩٣ب ١١ وما بعده. واستقلال الكندى هنا عن أرسطو لا يعنى رفضه لليونان، إنما هدفه هو إكمال عمل اليونان، كما سبق أن أسلفنا : "ينبغى لنا ألا نستحى من استحسان الحق واقتناء الحق من أين أتي. وإن أتى من الأجناس القاصية عنا ، والأمم المباينة ، فإنه لا شيء أولى بطالب الحق من الحق، وليس يحس الحق ولا يصغر بقائله، ولا بالآتى به، ولا أحد يخس بالحق، بل كل يشرفه الحق. فحسن بنا - إذ كنا حراصًا على تتميم نوعنا، إذ الحق فى ذلك- أن نلزم فى كتابنا هذا عاداتنا فى جميع موضوعاتنا ؛ من إحضار ما قال القدماء فى ذلك قولا تامًا ، على أقصد سبله وأسهلها سلوكًا على أبناء هذه السبيل ، وتتميم ما لم يقولا فيه قولا تامًا، على مجرى عادة اللسان وسنة الزمان، وبقدر طاقتنا، مع العلة العارضة لنا فى ذلك، من الانحصار عن الاتساع فى القول المحلل لعقد العويص الملتبسة."(١٣)

يتوق الكندى إلى أن يجتنب سوء تأويل كثير من المتسمين بالنظر فى عصره "من أهل الغربة عن الحق، وإن يتتوجوا بتيجان من غير استحقاق ، لضيق فطنهم عن أساليب الحق، وقلة معرفتهم بما يستحق ذو والجلالة فى الرأى والاجتهاد فى الأنفاع العامة الكل، الشاملة لهم ، ولدرانة الحسد المتمكن من أنفسهم البهيمية، والحاجب بسدف سجوفه أبصار فكرهم عن نور الحق، ووضعهم ذوى الفضائل الإنسانية التى قصروا عن نيلها ، وكانوا منها فى الأطراف الشاسعة بموضع الأعداء الجريئة الواترة ، ذبا عن كراسيهم المزورة التى نصبوها عن غير استحقاق، بل للترؤس والتجارة بالدين ، وهم عدماء الدين، لأن من تجر بشيء باعه ، ومن باع شيئًا لم يكن له ، فمن تجر بالدين لم يكن له دين، ويحق أن يتعرى من الدين من عائد قنية علم الأشياء بحقائقها وسماها كفرًا ، لأن فى علم الأشياء بحقائقها علم الربوبية ، وعلم

الوحدانية."[١٤] ويستعير الكندي، من خلال عبارة "علم الربوبية"، لا عبارة أرسطو التى قد تكون واردة فى "الميتافيزيقا"، أو فى موضع آخر، إنما يستعير الكندي، من خلال عبارة "علم الربوبية"، الأفلاطونية المحدثة.

وسبق أن أشرنا أن حركة الترجمة التى نشطت فى القرن الثالث الهجري، لا سيما فى عهد الخليفة المأمون، جعلت الرياضيين المسلمين يصوغون فكراً متميزاً عن الفكر اليونانى. من بين المؤلفات اليونانية العديدة التى نقلت إلى العربية، كان هناك كتاب بعنوان "تولوجيا أرسطو" له أهمية خاصة ، إذ أنه فتح أفاقاً جديدة للفكر العربي. هذا الكتاب المنسوب خطأ إلى أرسطو هو فى الواقع مجموعة لبعض تساعيات أفلوطين، المدافع الأكبر عن الفلسفة الفيضية. يدور كتاب "اثولوجيا أرسطو" على فلسفة فيض العالم عن كائن أول (الواحد) ويجعل سلسلة من الوسطاء بين هذا الكائن الأول والإنسان.

و قد قامت فكرة أفلوطين، كما سبق أن أشرنا، عن الفيض أو الصدور *Emanation* ، فى الإطار العام لفلسفة أفلوطين فى وحدة الوجود، حيث يتدرج العالم، وتتسلسل مراتب الوجود بدءاً من المركز الأول، وتمتد حتى أكثر درجات الوجود تفوقا. ومن شأن تدرج الموجودات هبوطا من المبدأ الأول، أن يتحرك حركتين أساسيتين : حركة هابطة وحركة صاعدة. أما الحركة الهابطة فهى وصفية عقلية، يسير موكب الوجود من الواحد تدريجا حتى ينتهى إلى المادة، وأما الحركة الصاعدة فهى فى ارتقاء هذا السلم مرة أخري، والعودة إلى الواحد الأول. وهذه العودة إلى الواحد الأول هى عودة عينية أو حركة صوفية ، أساسها تصفية النفس حتى يتسنى لها الارتقاء تدريجا ، والعودة إلى الاتحاد بمصدرها الأول. وإذا كان الاستدلال العقلى هو أساس إدراكنا للحركة الهابطة ، ولا يعود فى وسعنا أن نصل، فى العودة إلى الواحد الأول، إلى الموجود العالى إلا من خلال الاتحاد الصوفي.

ثم درس الكندى مسألة العلاقة بين علم الفلاسفة والعلم النبوى فى كتابه إلى المعتصم بالله فى الفلسفة الأولى، كما فى رسالته عن كتب أرسطو. وأما فى كتابه إلى المعتصم بالله فى الفلسفة الأولى، فقد أورد أن اقتناء علم الربوبية، وعلم الوحدانية، وعلم الفضيلة، وجملة علم كل نافع ، والسبيل إليه ، والبعد عن كل ضار، والاحتراس منه، جميعًا هو الذى أتت به الرسل عن الله. فإن الرسل إنما تقر بربوبية الله وحده ، "وبلزوم الفضائل المرتضاة عنده ، وترك الرذائل المضادة للفضائل فى ذواتها ، وإيثاره."[١٥] وأما علم الفلاسفة فهو "إعطاء العلة والبرهان من قنية علم الأشياء بحقائقها."[١٦] وأما علم الفلاسفة فهو "إعطاء العلة". ولذلك لابد أن يحيط الفيلسوف بعلم العلة لا بعلم المعلول، لأن علم كل واحد من المعلومات علمًا تامًا إذا أحاط الفيلسوف بعلم علته. وسمى علم العلة الأولى "الفلسفة الأول".

و فى صدر الفن الثاني، أى الجزء الأول فى الفلسفة الأولى، قال الكندى "إن الوجود *Existence* الإنسانى وجودان"، ويقصد بالوجود *Existence* صيغتين من صيغ الوجود، وصيغتين من صيغ المعرفة. لكن المقصود فى سياق الفن الثاني، أى الجزء الأول فى الفلسفة الأولى للكندي، هو الوجود بمعنى الإدراك الحسى *PERCEPTION*.

١- الوجود الأول هو إذن "أقرب منا وأبعد عند الطبيعة ، وهو وجود الحواس التى هى لنا ، منذ بدء نشوئنا ، وللجنس العام لنا ولكثير من غيرنا ، أعنى الحى العام لجميع الحيوان . فإن وجودنا بالحواس، عند مباشرة الحس محسوسه ، بلا زمان ولا مؤونة ؛وهو غير ثابت لزوال ما نباشر ، وسيلانه وتدبله فى كل حال ، بأحد أنواع الحركات، وتفاضل الكمية فيه بالأكثر والأقل ، والتساوى وغير التساوى ، وتغاير الكيفية فيه بالشبيه وغير الشبيه ، والأشد والأضعف ، فهو الدهر فى زوال دائم ، وتبدل غير منفصل؛ وهو الذى تثبت صوره فى المصور، فيؤديها إلى الحفظ، فهو متمثل ومتصور فى نفس الحى ، فهو- وإن كان لا ثبات له فى الطبيعة ، فبعد عندها ، وخفى لذلك – فهو قريب من الحاس جدًا ، لوجدانه بالحس مع مباشرة الحس إياه . والمحسوس كله ذو هيولى أبدًا، فالمحسوس أبدًا جرم."[١٧]

٢- الوجود الثانى هو "أقرب من الطبيعة وأبعد عندنا ، وهو وجود العقل. وبحق ما كان الوجود وجودين؛ وجود حسى ووجود عقلي، إذ الأشياء كلية وجزئية. أعنى بالكلى الأجناس للأنواع ، والأنواع للأشخاص ، وأعنى بالجريئة الأشخاص للأنواع. والأشخاص الجزئية الهيولانية واقعة تحت الحواس. وأما الأجناس والأنواع فغير واقعة تحت الحواس، ولا موجودة وجودًا حسيًا، بل تحت قوة من قوى النفس التامة، أعنى الإنسانية، هى المسماة العقل الإنساني. وإذ الحواس واجدة الأشخاص، فكل متمثل فى النفس من المحسوسات فهو للقوة المستعملة الحواس. فأما كل معنى نوعى وما فوق النوع، فليس متمثلاً للنفس ، لأن المثل كلها محسوسة، بل مصدق فى النفس محقق متيقن بصدق الأوائل العقلية المعقولة اضطرارًا، كهولا هو غير صادقين فى شيء بعينه ليس بغيري، فإن هذا وجود للنفس لا حسي، اضطراري، لا يحتاج إلى موسط؛ وليس يتمثل لهذا مثال فى النفس، لأنه لا مثال ؛ لأنه لا لون ولا صوت ولا طعم ولا رائحة ولا ملموس، بل إدراك لا مثالي. "[١٨]

الحس الكلي

وكل ما كان هيولانيا فإنه مثالي، يمثله الحس الكلى *SENS UNIVERSEL*. وهو يطابق، لفظاً، على أقل تقدير، الحس المشترك *SENS COMMUN* لدى أرسطو فى رسالته فى النفس، على حين تشير طريقة عرض وظيفته الخيال، لدى أرسطو، أيضاً، فى رسالته فى النفس. ويواصل الكندى نظريته فى الحس الكلى

SENS UNIVERSEL قائلاً إن "كل ما هولا هيولاني، وقد يوجد مع الهيولاني، كالشكل الموجود باللون، إذ هو نهاية اللون ؛ فيعرض بالحس البصرى أن يوجد الشكل، إذ هو نهاية المدرك بالحس البصري. وقد يظن أنه يتمثل فى النفس باجتلاب الحس الكلى له، وتمثله فى نفس الإنسان لاحقة تلحق المثال اللوني، كاللاحقة التى تلحق اللون أنه نهاية الملون ، فوجود النهاية- التى هى الشكل - وجود عقلى عرض بالحس لا محسوس بالحقيقة. فذلك كل اللائى لا هيولى لها، وتوجد مع الهيولي، قد يظن أنها تمثل فى النفس، وإنما تعقل مع المحسوس، لا بتمثل."[١٩] ويواصل الكندى نظريته فى الحس الكلى *SENS UNIVERSEL* قائلاً إن الحس الكلى *SENS UNIVERSEL* يتوسط الإدراك الحسى والإدراك الذهني، وإن دوره قد يفسر بطريقين :

١- الطريق الأقرب منا وأبعد عند الطبيعة ، وهو طريق الحواس التى هى لنا ، منذ بدء نشوئنا، وللجنس العام لنا ولكثير من غيرنا ، يعنى الحى العام لجميع الحيوان. هنا يتجرد الحس الكلى *SENS UNIVERSEL* من خلال استجلاء الفروق، بين ألوان مسطحين متجاورين، تمثيلا لا حصراً؛

٢- الطريق العقلى من خلال تجاوز الصورة فى النفس.

و فرق الكندى فرق بين الواجب الاضطراري، الوجود العقلى الاضطراري، وبين الصورة فى النفس، بين الصورة الذهنية من جهة، وبين الصورة كتمثيل، وكنسخة من داخل المحسوس، من جهة ثانية، وبين تعارض الصورة والمادة، بل وتعارض الصورة والجنس. وقد سبق أن ورد التعارض بين الصورة والجنس فى الأدبيات الفلسفية العربية بعامة، وفى "المنطق" لابن المقفع. يبرهن مثال الفكر بلا الصورة على جانب مهم من علم الفلك الأرسطي. يبرهن بحث الأشياء التى فوق الطبيعة على جانب مهم من علم الميتافيزيقا الأرسطى: " فمن بحث الأشياء التى فوق الطبيعة، أعنى التى لا هيولى لها، ولا تقارب الهيولي، فلن يجد لها مثلا[صورةً[فى النفس، بل يجدها بالأبحاث العقلية. فأحفظ- حفظ الله عليك جميع الفضائل، وصانك عن جميع الرذائل- هذه المقدمة، لتكون لك دليلاً قاصدًا سواء الحقائق، وشهابًا حاسرًا عن عين عقلك ظلم الجهل وكدر الحيرات. فإن بهاتين السبيلين كان الحق من جهة سهلاً، ومن جهة عسيرًا. لأن من طلب تمثل المعقول ليجده بذلك، مع وضوحه فى العقل عمى عنه كعشا عين الوطواط عن نيل الأشخاص البينة الواضحة لنا فى شعاع الشمس."[٢٠] يبرهن بحث الأشياء التى فى الطبيعة على جانب مهم من علم الفيزيقا الأرسطي، حيث أورد الكندى أن "الطبيعة علة أولية لكل متحرك ساكن، فإذن كل طبيعى فذ وهيولي."[٢١]

وحدد الكندى تميز مناهج كل علم على حدة كما حدد الكندى تميز مناهج كل ممارسة عقلية بعامة، على النحو التالى : "قد ينبغى ألا يطلب فى إدراك كل مطلوب الوجود البرهاني، فإنه ليس كل مطلوب عقلى

موجودًا بالبرهان ؛ لأنه ليس لكل شيء برهان، إذ البرهان لبعض الأشياء، وليس للبرهان برهان؛ لان هذا يكون بلا نهاية إن كان لكل برهان برهان، فلا يكون لشيء وجود البتة، لأن ما لا ينتهى إلى علم أوائله فليس بمعلوم، فلا يكون علمًا البتة؛ لأنا إن رمنا علم "ما الإنسان"، الذى هو الحى الناطق الميت، ولم نعلم ما الحى وما الناطق وما الميت، لم نعلم ما الإنسان إذًا. وكذلك ينبغى ألا نطلب/ الإقناعات فى العلوم الرياضية، بل البرهان، فإنا إن استعملنا الإقناع فى العلم الرياضى كانت إحاطتنا به ظنية لا علمية. وكذلك لكل نظر تمييزى وجود خاص غير وجود الآخر. ولذلك ضل أيضًا كثير من الناظرين فى الأشياء التمييزية، لأن منهم من جرى على عادة طلب الإقناع، وبعضهم جرى على عادة الأمثال، وبعضهم جرى على عادة شهادات الأخبار، وبعضهم جرى على عادة الحس، وبعضهم جرى على عادة البرهان لما قصروا عن تمييز المطلوبات."[٢٢]
ويشبه تحديد الكندى تميز مناهج كل علم على حدة كما تحديد الكندى تميز مناهج كل ممارسة عقلية بعامة، على النحو سالف الذكر، تحديد أرسطو، فى "الميتافيزيقا"، α ،٣، ٩٩٥a ٦-٢٠ حيث أورد أرسطو المبدأ العام : "قد يطلب فى إدراك كل مطلوب الوجود البرهاني"، كما تتشابه الأمثلة والألفاظ لدى كل منهما : عادة الأمثال، شهادات الأخبار، عادة البرهان الرياضي، التقسير عن تمييز المطلوبات، وأما أمثال عادة طلب الإقناع والبرهان، فهى واردة فى كتاب "أخلاق نقوماخوس"، ١، ٣، ١٠٩٤ب٢٣-٢٧ .

ثانيا – الرياضيات والوجود عند ابن سينا (٣٧٠هـ – ٤٢٨ هـ)

بحث رشدى راشد فى الرياضيات والفلسفة عند ابن سينا، وفى التوافيقية والميتافيزيقا لديه، ولدى نصير الدين الطوسى وإبراهيم الحلبي، وغيرهم من الرياضيين.[٢٣]

وابن سينا هو أبو على الحسين بن عبد الله بن الحسن بن على بن سينا ، وقد ذكر ابن سينا نفسه قبساً عن نفسه ، ووصف أبو عبيد الجوزجانى ابن سينا صاحب الشيخ، فإن والده كان رجلا من أهل (بلخ) وانتقل منها إلى (بخاري) وهى من أبرز القرى وبقربها قرية يقال لها (أفشنة) وتزوج والده منها بوالدته، وقطن بها وسكن. ثم انتقلت الأسرة إلى (بخاري) وكان والده يعد من الإسماعيلية ، وقد سمع منهم ذكر النفس ، والعقل، على الوجه الذى يقولونه ويعرفونه هم ، وابتدؤا يدعوننه أيضا إلى كلامهم، ويجرون على ألسنتهم ذكر الفلسفة والهندسة ، وحساب الهند. ثم جاء إلى (بخارى) (أبو عبيد الله الناتلى) وكان يدعى المتفلسف، وأنزله والده دارهم، رجاء تعلمه منه ، وقبل قدومه كان يبحث فى الفقه برفقة (إسماعيل الزاهد) وكان من أجود السالكين، ثم ابتدأ بكتاب (إساغوجى) على (الناتلي) ولما ذكر له حد الجنس أنه (هو المقول على كثيرين مختلفين بالنوع ، فى جواب ما هو؟) فأخذ فى تحقيق ذلك، حتى قرأ ظواهر المنطق عليه. وكذلك كتاب (أقليدس) فقرأ من أوله خمسة أشكال ، أو ستة ، عليه. ثم تولى بنفسه حل بقية الكتاب بأسره. ثم انتقل إلى (المجسطى). ثم

اشتغل هو بتحصيل الكتب من النصوص والشرح ، من الطبيعى والإلهي، ثم رغب فى علم الطب وصار يقرأ الكتب المصنفة فيه ثم أعاد قراءة المنطق ، وجميع أجزاء الفلسفة حتى أحكم (علم المنطق) و(الطبيعى) و(الرياضى) ثم عدل إلى (الإلهى) وقرأ كتاب (ما بعد الطبيعة) فما كان يفهم ما فيه ولا المقصود به وفقد الأمل فى نفسه ، وقال : هذا كتاب لا سبيل إلى فهمه. وإذا هو فى يوم من الأيام حضر وقت العصر فى الوراقين ، وعثر على كتاب ل (أبى نصر الفارابى) فى أغراض كتاب (ما بعد الطبيعة) ، فانفتح عليه فى الوقت أغراض ذلك الكتاب.

وكان سلطان بخارى فى ذلك الوقت (نوح بن منصور) واتفق له مرض تلج الأطباء فيه ، وكان اسمه اشتهر بينهم ، بالتوفير على القراءة ، فأجروا ذكره بين يديه ، وسألوه إحضاره، فحضر وشاركهم فى مداواته. وكان فى جواره رجل يقال له (أبو الحسين العروض) فسأله أن يصنف له كتاباً جامعاً فى هذا العلم، فصنف له (المجموع) وسماه به ، وأتى فيه على سائر العلوم ، سوى الرياضي. وكان فى جواره أيضاً رجل يقال له (أبو بكر البرقى) خوارزمى المولد متوحد فى الفقه والتفسير ، والزهد ، مائل إلى هذه العلوم ، فسأله شرح الكتب له ، فصنف له كتاب (الحاصل والمحصول) فى قريب من عشرين مجلدة. وصنف له فى الأخلاق كتاباً سماه كتاب (البر والإثم). ثم مات والده وتصرفت به الأحوال ، وتقلد شيئاً من أعمال السلطان ودعته الضرورة إلى الإخلال ب (بخارى) والانتقال إلى (كركانج) .وكان (أبو الحسين السهلى) المحب لهذه العلوم ، بها وزيراً ، وقدم إلى الأمير بها ، وهو(على بن مأمون) وكان على رأى الفقهاء إذ ذاك ، بطيلسان. ثم دعت الضرورة إلى الانتقال إلى (نسا) ومنها إلى (بارود) ومنها إلى (طوس) ومنها إلى (شقان) ومنها إلى (سمنيقان) ومنها إلى (جاجرم) رأس حد (خراسان) ومنها إلى (جرجان). وكان قصده الأمير (قابوس) فاتفق فى أثناء هذا أخذ (قابوس) وحبسه فى بعض القلاع ، وموته هناك . ثم مضى إلى (دهستان) ومرض بها مرضا صعبا ، وعاد إلى (جرجان) فاتصل (أبوعبيد الجوزجاني) به. وقال (أبو عبيد الجوزجانى) صاحب الشيخ الرئيس ، "فهذا ما حكى لى الشيخ من لفظه ، ومن هنا شاهدت أنا من أحواله". كان بــ(جرجان) رجل يقال له (أبو محمد الشيرازى) يحب العلوم، وقد أشترى للشيخ داراً فى جواره ، وأنزله بها ، وأختلف إليه فى كل يوم ، يقرأ (المجسطى) ويستملى المنطق. فأملى عليه (المختصر الأوسط) فى المنطق . وصنف ل (أبى محمد الشيرازي) كتاب (المبدأ والمعاد) وكتاب (الأرصاد الكلية) وصنف هناك كتباً كثيرة ، ك (أول القانون) و(مختصر المجسطى) وكثيراً من الرسائل ، ثم صنف فى (أرض الجبل) بقية كتبه. وهذا فهرست كتبه : (كتاب المجموع) مجلدة ، (الحاصل والمحصول) عشرون مجلدة (الإنصاف) عشرون مجلدة ، (البر والإثم) مجلدتان (الشفاء) ثمان عشرة مجلدة ، (القانون) أربع عشرة مجلدة، (الأرصاد الكلية) مجلدة ، كتاب (النجاة) ثلاث مجلدات

(الهداية) مجلدة ، (الإشادات) مجلدة، كتاب (المختصر الأوسط) مجلدة (العلائى) مجلدة، (القولنج) مجلدة ، لسان العرب) عشر مجلدات ، (الأدوية القلبية) مجادة ، الموجز) مجلدة ، بعض الحكمة المشرقية) مجلدة (بيان ذوات الجهة) مجلدة ، كتاب (المعاد) مجلدة ، كتاب المبدأ والميعاد) مجلدة ، كتاب (المباحثات) مجلدة. ومن رسائله (القضاء والقدر) (الآلة الرصدية (غرض قاطيغورياس) (المنطق بالشعر) (القصائد فى العظمة) و(الحكمة فى الحروف) (تعقب المواضع الجدلية) (مختصر أوقليدس)، (الأجرام السماوية) (الإشارة غلى علم المنطق) (أقسام الحكمة فى النهاية واللانهاية) (عهد كتبه لنفسه) (حى بن يقظان) (فى أن أبعاد الجسم غير ذاتية له). ورسائل له إخوانية وسلطانية (مسائل جرت بينه وبين بعض الفضلاء) كتاب (الحواشى على القانون) كتاب "عيون الحكمة" . ثم انتقل إلى (الرى) وأشتغل بخدمة السيدة وابنها (مجد الدولة) وعرفوه بسبب كتب وصله معه تتضمن تعريف قدره. وكان بـــ(مجد الدولة) إذ ذاك غلبت السوداء : فأشتغل بمداوتة. وأقام بها إلى أن قصد (شمس الدولة) بعد قتل (هلال بن بدر بن حسونة) وهزيمة عسكر (بغداد) . ثم اتفقت اسباب اوجبت الضرورة لها خروجه إلى (قزوين) ومنها إلى (همدان) واتصاله بخدمة (كذبانوية) والنظر فى أسبابها.

ثم عن للشيخ التوجه إلى (أصفهان) واشتغل بـــ(أصفهان) بتتميم كتاب (الشفاء) ففرغ من (المنطق) و(المجسطى) وكان قد اختصر (أوقليدس و(الأرثماطيقى) و(الموسيقى) وأورد فى كل كتاب من الرياضيات زيادات ضرورية، أما فى (المجسطى) فى علم (الهيئة) أشياء لم يسبق إليها ، وأورد فى (أوقليدس) شيها ، وفى (الإثمار طيقى) خواص حسنة ، وفى (الموسيقى) مسائل معينة. وتم الكتاب المعروف ب(الشفاء) ما خلا كتابى (النبات) و(الحيوان) فإنه صنفهما فى السنة التى توجه فيها (علاء الدولة) إلى (سابور خواست) فى الطريق. وصنف أيضا فى الطريق كتاب (النجاة) واختص بـــ(علاء الدولة). وصار من ندمائه إلى أن عزم (علاء الدولة) على قصد (همدان) وخرج الشيخ فى الصحبة ، فجرى ليلة بين يدى (علاء الدولة) ذكر الخلل الحاصل فى التقاويم المعمولة بحسب الأرصاد القديمة ، فأمر الأمير الشيخ الاشتغال برصد هذه الكواكب ، فكان يقع الخلل فى أمر الرصد ، لكثرة الأسفار وعوائقها وصنف الشيخ بـــ (أصبهان) (الكتاب العلائي). وتوفر على درس كتب اللغة ، ثلاث سنين واستهدى كتاب (تهذيب اللغة) من (خراسان) من تصنيف (أبى منصور الأزهرى). ثم صنف الشيخ كتاباً فى اللغة سماه (لسان العرب) لم ينصف فى اللغة مثله ، ولم ينقله إلى البياض حتى توفى ، فبقى على مسودتة لا يهتدى أحد إلى ترتيبة. وكان قد حصل للشيخ تجارب كثيرة ، فيما باشره من المعالجات ، عزم على تدوينها فى كتاب (القانون) وكان قد علقها على أجزاء ، فضاعت قبل تمام كتاب القانون.

وكان الشيخ قد صنف (جرحان) (المختصر الأصغر) فى المنطق ، وهو الذى وضعه بعد ذلك فى أول (النجاة). ووضع فى حال الرصد آلات ما سبق إليها ، وصن فيها رسالة ، وبقى ثمان سنين مشغولا بالرصد، وكان غرضه تبيين ما يحكيه بطلميوس عن الأرصاد.[٢٤]

وقد سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب إلى تطبيق الرياضيين التحليل التوافيقى فى أغلب الأحيان فى حقلى الجبر والدراسات اللغوية العامة والفلسفية. ومنذ بداية القرن الثامن عشر الميلادى شرع جاك برنوللى ومونمور فى إطلاق التحليل التوافقى وفقًا لحاجات العلم الجديد وضمن حدود مسائل التجزئة لمجموعة وقائع وليس بالضرورة لمجموعة أعداد. وسبق للجبريين واللغويين أن أنتجوا واستخدموا بعض طرائق هذا التحليل. هكذا اكتشف الرياضيون واللغويون العرب التحليل التوافيقى. وكان العلماء العرب يفرّقون ما نضعه نحن منذ وقت قريب، تحت تصور التحليل التوافيقى. وفى حين أن الجبرى لم يكن يرى فى الوسيلة التى يستخدمها عالم اللغة، وسيلته الخاصة ، فإن عالم اللغة كان يجهد من جهته فى ابتكار ما سبق الجبرى أن امتلك عناصره. فإن هذا الوعى النظرى المجزأ كان منفصلاً فى العلوم العربية. لم يدل باسم خاص على التحليل التوافيقى. فبدا عالم اللغة وكأنه يكتشف طرقًا توافيقية بشكل تلقائى. أما الجبرى فكان يسمى بعض الطرائق التى لم تكن قد أصبحت بعد نشاطًا معينًا باسم خاص على التحليل التوافيقى. غير أن التساؤل حول التجزئة فى الوعى النظرى – وحدة التحليل التوافيقى – استوجب التفريق بين اللغة العلمية والجبر. فإذا كان التحليل التوافيقى عند اللغوى هووسيلة لتنظير ممارسة قديمة. فهولا يشكل عند الجبرى سوى قاعدة تقنية لمسألة نظرية. فهولا يشكل عند الجبرى سوى تصورًا آخر للجبر أو مشروعًا لجبر مستقل بذاته. إن التحليل التوافيقى وسيلة لدى اللغوى والجبرى معًا. يبدو مرة كوسيلة لحل مسألة تطبيقية بشكل نظرى ، ومرة ثانية كوسيلة منتجة فى أثناء حل مسألة نظرية. إن اختلاف الأهداف هو السبب فى تجاهل كل من الجبرى واللغوى أحدهما للآخر. إن هذين الاتجاهين –الجبرى واللغوي– للتحليل التوافيقى مهما بديا مختلفين ، فهما يشتركان فى تغيّر الصلات بين تصورى العلم والفن .

وقد دل تأسيس استقلال الجبر على تأسيس الجبر كعلم. وعاد ذلك إلى الإقرار بأن كل علم هو فن، وإلى أنه قد يظهر العلم من دون أن يحدد موضوعا بعينه، لأنه يقارب موضوعات عدة – الحساب والهندسة. إن عالم اللغة بفهمه للمعالجة النظرية لفن ما، كفن المعجم، تمثيلا لا حصرا، يلغى فرقاً قديمًا بين العلم والفن ضمن نسبة نظام علم ما إلى معرفة مدركة فى إمكاناتها على التحقق العملى وحيث يخرج هدفها عنها. فإذا كان الفهم الأفضل لهذا التغيير المردود إلى علم اجتماع المعرفة، بقى حدسا لا إدراكا، فإنه ظل المبرر للكلام حول الروح العملية للعلم العربى فى مقابل الروح النظرية للعلم اليوناني، ذلك الكلام الذى غالبًا ما يستعاد منذ

إرنست رينان (*RENAN*) (أرنست رينان، محاورات رينان الفلسفية، نقلها إلى العربية على أدهم، القاهرة، دار الكتب، ١٩٩٨) وبيار دورهيم (*DUHEM*) وبول تانّرى (*TANNERY*).

فى بداية القرن الحادى عشر الميلادى ذكر ابن سينا أن ما سميت فيما بعد باسم مبرهنة بيار فرما لم يتم البرهان عليها فى عصره. بعد أن ذكر ابن سينا المبرهنة بطريقة واضحة تعهد بأن يبرهنها من المتطابقة :

$$Z^3 - y^3 = y^3 (z (z - y)(z + y) + (z - y))$$ ، حيث $y<z$

وبدأ برهان الشيخ الرئيس بتعليل هندسى لهذه المتطابقة ولاحظ أن طرف المتطابقة الثانى يقابل حجمًا لكنه ليس مكعبًا. واستنتج أن الطرف الأول ليس مكعبًا. هذا الخلط بين الشكل الهندسى وحجمه – وهى معرفة بدائية حتى فى تلك الحقبة – لا يخول مع ذلك تقويم مقدرة الرياضى. ومثل الاتجاه الهندسى الذى أضاف وسائل من البرهان فى التحليل الديوفنطسى ، مرحلة حاسمة فى نشكيل التحليل الديوفنطسى، ولعب هنا دور العائق، فهو قاد البرهان إلى الفشل بوقوفه ضمنيًا فى وجه صياغة أعم للبرهان نفسه، فحالة $n = 4$ ليس بالإمكان رفدها بأى تفسير هندسى. كان ينبغى إذن أن يحتل الرياضى مكانه فى مجال الحساب حصرًا كيما يموّه صعوبات البرهان ويعمم الصياغة. وعمم بيار فِرما وأويلر، بعد ذلك، الصياغة. لكن المسألة أثارت الرياضيين العرب. فالجبريّون الحسابّيون أمثال ابن الخيام فى القرن الثانى عشر الميلادى ، وشارحه الشهيـــر الـــذى عاش فـــى القـــرن الثالث عشـــر، كمال الدين الفارســـى، يذكـــران من دون برهان استحالة $x^4 + y^4 = z^4$.

غالبًا ما يؤرخ اللجوء الأول إلى التحليل التوافيقى فى الجبر بالقرن الحادى عشر الميلادي. وينسب على وجه الدقة إلى عمر الخيام (١٠٤٨ – ١١٣١). وسبق أن قلنا إن ابن سينا كان الأب الروحى للخيام. وقد سبق أن أشرنا، فى الفصل الثانى من الباب الثانى من هذا الكتاب، إلى أنه من المعروف أن ابن سينا قد توفى سنة ١٠٣٧ ميلادية وإلى أن ميلاد الخيام وقع قبل سنة ١٠٣٧ ميلادية. ولو كان الخيام قد أدرك ابن سينا وتتلمذ عليه لكان قد أدرك ابن الهيثم، وهذا مما لا يقوله الخيام، أو لكان قد حرر كل ما كتبه وكل مقالاته الرياضية بعد تجاوزه ٣٠ سنة مما بقى بلا دليل.

وهكذا انتهى افتراض تلمذة الخيام على ابن سينا إلى نتائج متناقضة. ولكن إذا تذكر الباحث أن رسالة الخيام عن "الكون والتكليف" هى رد على سؤال سأله إياه – تلميذ ابن سينا – أبو نصر محمد بن إبراهيم النسوى ، عن حكمة الخالق فى خلق العالم بوجه خاص الإنسان وتكليف الناس بالعبادات، فإن رشدى راشد قدر تأويل كلمة "معلمى" التى قصد بها الخيام ابن سينا بالأستاذ الروحى، وإن لم يكن رآه تكريمًا لمراسله –

أبو نصر محمد بن إبراهيم النسوى– الذى كان تلميذ ابن سينا. كان الخيام تلميذًا لبهمنيار، لا لابن سينا، ويفصله جيل عن ابن سينا. لكن الخيام – من الجهة الفلسفية – كان قريبًا من ابن سينا ، ولم يكن من أصحاب الجمود الفكري. فكيف صاغ ابن سينا العلاقة بين الرياضيات والفلسفة النظرية، صياغة متميزة ؟

حلل ابن سينا العلوم الرياضية فى موسوعة "الشفاء" على النحو الذى اعتادته الفلسفة الهلنستية الإسلامية منذ بدايتها، وكما تشهد على ذلك رسائل الكندي، وكتب الفارابى فى الرياضيات والجزء الخاص بالرياضيات فى موسوعة "إخوان الصفا". كانت العلوم الرياضية، عند الكندي، أربعة : الحساب، الهندسة، الموسيقى، الفلك. واشتهرت هذه المجموعة الرباعية فى العصر الوسيط فى أوروبا. والتزم ابن سينا المجموعة الرباعي. فهو يقسم الرياضيات أربعة أقسام : الحساب، الهندسة، الموسيقى، الفلك. وكانت المجموعة الرباعية متداولة فى مدرسة الاسكندرية التى عنيت بالغ العناية بالرياضيات والتى نبغ فيها أقليدس صاحب "أصول الهندسة" وبطلميوسصاحب "المجسطي".

لكن لم يلتزم الخوارزمى فى تصنيفه القسمة الرباعية، ولا كذلك الفارابى الذى قسم العلوم الرياضية "سبعة أجزاء عظمى"، وهى العدد، والهندسة، وعلم المناظر، وعلم النجوم الرياضي، وعلم الموسيقى، وعلم الأثقال، وعلم الحيل(٢٥) كذلك لم يلتزم الكندى فى ترتيبه للعلوم الرياضية ترتيباً واحدا. فهى تارة علم العدد والتأليف والهندسة والتنجيم، وتارة أخرى، العدد والهندسة والفلك والموسيقى. والترتيب الأول هو المأثور عن مدرسة الإسكندرية، وهو الترتيب الذى بقى حتى العصر الوسيط فى أوروبا اللاتينية، واستقر الترتيب فى العصور المتأخرة عند العرب فى قولهم : الحساب، الموسيقى، الهندسة، الفلك.

لكن على خلاف أسلافه آثر ابن سينا أن يضع الرياضيات فى موضع محدد من البناء الفلسفى العام. وهو الوضع الذى يختلف من جهة أخرى عن وضع إخوان الصفا للرياضيات فى موسوعتهم الفلسفية العامة. وقد أغفل مؤرخو الفلسفة والعلوم على السواء ذلك الجانب من جوانب عمل ابن سينا لسبب وجيه ألا وهو أن الفن الأول من الشفاء من جملة العلم الرياضى عن أصول الهندسة عبارة عن تلخيص لكتاب أقليدس، وأما الفن الثانى فى الرياضيات والذى يتعلق بالحساب فهو وإن كان متميزا من جهة التأليف فهو يستلهم المدخل الحسابى لنقوماخوس الجرشي، وأما فى علم الهيئة والموسيقى، فهو يستلهم المدخل الحسابى لنقوماخوس الجرشى نفسه. فهولا يبلغ فى جملة العلم الرياضى نتائج تميزه عن غيره من العلماء. هذا من الجهة العلمية.

لكن من الجهة الفلسفية، فمن غير المفهوم ألا يُعنى مؤرخ الفلسفة بوضع الرياضيات فى أول موسوعة فلسفية حقيقية، وإن صاغ ابن سينا فلسفته للرياضيات فى لغة تقليدية، كانت لغة أرسطو فى تصنيف العلوم، والتى قامت هى نفسها على نظريته فى الوجود المعروفة، وحدد ابن سينا تصوره لموضوعات الرياضيات

وفقا لنظرية التجريد التقليدية. ونهض عده لعدد العلوم الرياضيات على العد اليونانى القديم. وبين ابن سينا نفسه الغرض من كتاب "الشفاء" أن يودعه لباب ما تحققه من الأصول فى العلوم الفلسفية المنسوبة إلى "اليونان"، وجعل الترتيب فى ذلك المقام "مقارناً للترتيب الذى تجرى عليه فلسفة المشائين."[٢٦] ، أى أن الترتيب يجرى على فلسفة أرسطو.

فالمقصود هو العلم الرياضى بوصفه "العلم الأوسط"، وعلومه الثلاثة التى تمثل الفلسفة النظرية، وموضوعاتها تنقسم إلى الطبيعة، والرياضيات، والميتافيزيقا : "وأما الحكمة النظرية فأقسامها ثلاثة : حكمة تتعلق بما فى الحركة والتغير، وتسمى حكمة طبيعية؛ وحكمة تتعلق بما من شأنه أن يجرده الذهن عن التغير وإن كان وجوده مخالطا للتغير ويسمى حكمة رياضية، وحكمة تتعلق بما وجوده مستغنٍ عن مخالطة التغير فلا يخالطه أصلاً، وإن خالطه فبالعرض، لا أن ذاته مفتقرة فى تحقيق الوجود إليه، وهى الفلسفة الأولية؛ والفلسفة الإلهية جزء منها وهى معرفة الربوبية[٢٧]وهو الترتيب الذى يتبعه تحرير "الشفاء" لمادة العلوم وحركتها. يحتوى كتاب "الشفاء" على أربعة أقسام كبرى : المنطق، والطبيعيات، والرياضيات، والإلهيات، وكل قسم منها يسمى جملة وتحت كل جملة فن وتحت كل فن عدة مقالات، وتحت كل مقالة عدة فصول. وفى القسم الثالث من كتاب "الشفاء" الدائر على محور العلم الرياضي، أربعة فنون : الهندسة، والحساب، والموسيقى، الهيئة أو الفلك. وهو التقسيم الرباعى الغير المتميز. كانت العلوم الرياضية، عند الكندي، كما أسلفنا من قبل، أربعة علوم محددة : الحساب، الهندسة، الموسيقى، الفلك. واشتهرت هذه المجموعة الرباعية فى العصر الوسيط فى أوروبا. والتزم ابن سينا المجموعة الرباعي. فهو يقسم الرياضيات أربعة أقسام : الحساب، الهندسة، الموسيقى، الفلك. وكانت المجموعة الرباعية متداولة فى مدرسة الإسكندرية التى عنيت بالغ العناية بالرياضيات والتى نبغ فيها أقليدس صاحب "أصول الهندسة" وبطلميوسصاحب "المجسطي". واشتملت الرياضيات فى تصنيف ابن خلدون على أربعة علوم "أولها : علم الهندسة، وهو النظر فى المقادير على الإطلاق. إما المنفصلة من حيث كونها معدودة؛ أو المتصلة، وهى إما ذو بعد واحد وهو الخط، أو ذو بعدين وهو السطح، أو ذو أبعاد ثلاثة وهو الجسم التعليمي. ينظر فى هذه المقادير وما يعرض لها، إما من حيث ذاتها، أومن حيث نسبة بعضها إلى بعض. وثانيها : علم الأرتماطيقي، وهو معرفة ما يعرض للكم المنفصل الذى هو العدد، (ويوجد) له من الخواص والعوارض اللاحقة. وثالثها : علم الموسيقى، وهو معرفة نسب الأصوات والنغم بعضها من بعض وتقديرها بالعدد، وثمرته معرفة تلاحين الغناء. ورابعها : علم الهيئة وهو تعيين الأشكال بالأفلاك، وحصر أوضاعها وتعددها لكل كوكب من السيارة والثابتة، والقيام على معرفة ذلك من قبل الحركات السماوية المشاهدة الموجودة لكل واحد منها، ومن رجوعها واستقامتها وإقبالها وإدبارها." [٢٨]

وإذا نظرنا إلى ابن سينا من تلك الجهة الأرسطية الرباعية التقليدية فى تصنيف العلوم الرياضية، فإن تميز ابن سينا فى فلسفة الرياضيات لن يبين أبداً. أما إذا نظرنا إلى ابن سينا من جهة الحساب الهندى والجبر اللذين لم يكونا معروفين فى مدرسة الإسكندرية، فإن تميز ابن سينا فى فلسفة الرياضيات يبين على النحو الذى يؤسس لتعديل تصنيف أرسطو والتخطيط التقليدى الموروث والتصورات القديمة. من هنا مثل "الأرتماطيقي" متن الفن الثانى من فنون الرياضيات فى كتاب "الشفاء". وفيه أربعة مقالات :

١- خواص العدد؛

٢- أحوال العدد من حيث إضافته إلى غيره؛

٣- أحوال العدد من حيث كيفية تأليفه من الوحدانيات؛

٤- المتواليات العشر.

ويقع الحساب الهندى والجبر عند ابن سينا ضمن أقسام الحساب "الفرعية". ولا يفسر ابن سينا مصطلح "الأقسام الفرعية" إنما اقتصر على عدها. لكن العلوم الحسابية لا تقتصر على الحساب الهندى والجبر. ويذكر ابن سينا "الحساب" من دون تحديد، والتحليل الديوفنطسى التام من جهة موضوعاته. من هنا تصبح العلوم ستة: نظرية الأعداد، الأرتماطيقي، الحساب الهندي، الجبر، الحساب والتحليل الديوفنطسى التام. وهى العلوم التى تتعلق جميعاً بدراسة الأعداد. وكان علماء العصر يميزون بين علم العدد والأرتماطيقي، بين الحساب الهلنستى والحساب العربي. وكان علم العدد يحيل إلى المقالات الحسابية فى كتاب "الأصول" لأقليدس، وإلى أعمال ثابت بن قرة. أما الأرتماطيقى فهو يشير إلى التقليد الحسابى للفيثاغوريين الجدد، بمعنى نقوماخوس الجرشى فى "المدخل" الذى ترجمه ثابت بن قرة تحت عنوان "المدخل إلى نظرية العدد".

وقد سبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الثانى من هذا الكتاب حول العلاقة بين ابن الهيثم ومبرهنة ويلسون، إلى حالة خاصة من حالات المبرهنة الصينية المعروفة. بعد أن أكد ابن الهيثم أن الموضوع يتعلق بمسألة تقبل عددًا لا نهائيًا من الحلول فى مجموعة الأعداد الطبيعية ، اقترح ابن الهيثم طريقتين للحل :

١- الطريقة النظامية وهى لا تنتج حلا واحداً؛

٢- الحلول كافة.

إن الطريقة النظامية هى التى تعتمد مبرهنة ويلسون وتكافئ صياغتها الصياغة التالية :

إذا كان p عددًا أوليًا ، فإن المجموع [2,3,...(P-1)+1] يقبل القسمة على p ، وإذا قسمنا هذا المجموع على أى من الأعداد 2.3...(P-1) فالباقى دائمًا هو العدد 1 . من الواضح أن هذه المبرهنة تؤسس للحصول على حلٍ لــ(1).

$x = (p-1)! + 1$ (2)

أن القيمة السابقة لـ x تحقق المعادلة الأولى من النظام *(1)* ومن المبرهنة فإنها تحقق المعادلة الثانية من *(1)* قدم ابن الهيثم بعد ذلك طريقته الثانية القادرة على تقديم الحلول كافة وهى تعتمد صراحة على أفكار ثلاث، إثنتان منها تعتبران مقدمات تقنية. افترض رشدى راشد $s = p + kp$. إن العدد $(p+k_p)$ يحقق المعادلة الثانية من *(4)* مهما كان k. بحث رشدى راشد إذن عن أصغر قيمة لــ k بحيث إن $(p+k_p)$ يحقق المعادلة الأولى من النظام.

إن طريقة عرض ابن الهيثـم كما بدت فى بعض المواضع، كانت طريقة استقرائية تمامًا، فهو أضاف إلى $(p-1)$ العدد الضرورى من p حتى تتحقق المعادلة *(5)*. ولم يفت ابن الهيثم أن هذه الطريقة الاستقرائية ليست ممكنة إلا إذا كان $(p,r) = 1$. وكان ابن الهيثم على معرفة بمبرهنة بوزو.

وحين وضع رشدى راشد $k=k_0+nr$ فى الحل العام كما وضع ابن الهيثم ، فإن هذا العدد يقابل الحل العام للمعادلة *(6)* الذى يعطى $h=k_0+np$ ، الأمر الذى دفع إلى التساؤل : هل كان القصد من الطريقة الاستقرائية لابن الهيثم محاولة حل مبرهنة بوزو؟ من بين الطريقتين اللتين اقترحهما ابن الهيثم لحل نظام التوافق تكفى الطريقة الثانية، لأنها هى التى تؤسس للحصول على الحل العام للمسألة. فلم يذكر العرب واللاتين إلا الطريقة الثانية. فإذا ما أصر ابن الهيثم على تقديم الطريقة الأولى فإنما عاد ذلك إلى أنه قصد مبرهنة ويلسون. وهكذا بدت مبرهنة ويلسون كنتيجة من نتائج البحث فى خواص الأعداد الأولية بهدف حل "المسألة الصينية". واطلع ابن الهيثم على إثبات بوزو وكان قادرًا على إثبات مبرهنة ويلسون. ولكن إن لم توجد فى تلك الحقبة النصوص التى تعرض لمبرهنة بوزو إلا من خلال السطور، فإن هناك مجموعتين من الحجج دفعتا رشدى راشد للتقصى عن هذا الموضوع.

صحيح أن البحث التاريخى فى أعمال تلك الحقبة فى نظرية الأعداد لا تزال مجتزأة ، لاسيما وأن الكثير منها مفقود حتى الآن بما فى ذلك أعمال ابن الهيثم نفسه. ودفع نقص المخطوطات مؤرخ العلوم للسعى وراء الافتراض. إلا أن دراسة المستوى الذى وصلت إليه نظرية الأعداد فى تلك الحقبة، ومسعى ابن الهيثم الذى وضع نفسه فى شروط مبرهنة بوزو، قد وضعا مسألة جهل رياضيى القرن العاشر الميلادى بمبرهنة بوزو فى موضع إشكالي.

لم تكن مبرهنة بوزو معروفة عند الرياضيين الهنود وحسب بل ظهرت فى حالات خاصة فى نص يعتمد الرياضيات العربية. فإن الطريقة التى اتبعها ابن الهيثم لعرض مبرهنة ويلسون أكدت لرشدى راشد افتراض سعى ابن الهيثم وراء البراهين وإكثاره من التعليقات. ولكنه صاغ خاصية أساسية للأعداد الأولية. لم تظهر مبرهنة ويلسون للمرة الأولى فى موضع واحد من أعمال ابن الهيثم، ولكنها تذكر فيه كقضية مألوفة. وعلى أساس من علم ابن الهيثم بمبرهنة بوزو، أمكن رشدى راشد إعادة بناء بحث ابن الهيثم. وهو التقليد الذى نشأ فى القرن العاشر الميلادى نتيجة اللقاء بين تقليدين إثنين :

١- تقليد نظرية الأعداد كما وردت فى كتب إقليدس؛

٢- التقليد الذى بلغ مداه فى ترجمة المسائل العددية لديوفنطس.

يعرف مؤرخ العلوم من التقليد الأول - تقليد نظرية الأعداد كما وردت فى كتب إقليدس- شروحات إقليدس كشروحات ابن الهيثم نفسه ونتائج ثابت بن قرة حول الأعداد الكاملة والأعداد المتحابة. فإنها تؤول إلى تصور واحد للحساب : حساب الأعداد الصحيحة التى يمكن تمثيلها بقطع مستقيمة ، الأمر الذى لا يؤسس للبراهين ولا على طريقة إقليدس فى كتاب "الأصول". فإن هذا المعيار فى البرهان لم يشكل قيدًا على طريقة البحث وحسب بل اظهر الفرق بين نوعين من الحساب :

١- حساب "الارتماطيقى" اليوناني. فإذا استقريت الأعداد وميزت ، وجد بالتمييز والاعتبار الخواص كلها. ووجود خواص العدد بهذا الوجه يسمى الارتماطيقى . ويتبين ذلك فى كتاب "الارتماطيقى" لنيقوماخوس الجرشي؛

٢- حساب "علم العدد" العربي. وتتبع خواص العدد المدركة بالبراهين والمقاييس كلها، من المقالات الثلاث من كتاب "الأصول" لإقليدس.

كان ظهور المسائل العددية لديوفنطس فى القرن العاشر الميلادى بداية التحليل الديوفنطسى الجديد للأعداد الصحيحة والطريقة الإقليدية من دون القراءة الجبرية لديوفنطس. وصحيح أن مؤلفى التحليل الديوفنطسى الجديد، كالخجندى والخازن، تمثيلا لا حصراً، قد استعارا من الجبر بعض طرق البرهان، إلا أنهم لم يفرقوا بين أعمالهم وأعمال الجبريين . فقاربوا بهذه الطريقة العديد من المسائل التى كان من أهمها نظرية ثلاثيات فيثاغوراس ومسألة الأعداد المتوافقة وتمثيل الأعداد الصحيحة كمجموع لمربعى عددين واستحالة المعادلـــة $z^3 = y^3+x^3$ فى مجموعة الأعداد الطبيعية، مما دفع الرياضيين فيما بعد إلى الاهتمام بنظرية التوافقات. ومع أن ابن الهيثم كان من أتباع التقليد الإقليدى فى نظرية الأعداد فقد شرح كتب الحساب الخمسة لديوفنطس وألف

كتبًا فى نظرية الأعداد وفى الحساب قارب فيها التحليل الديوفنطسى. واهتم ابن الهيثم بمسألة متميزة فى التحليل الديوفنطسى الجديد ألا وهى مسألة المثلثات العددية قائمة الزاوية. فقد قامت مسألة التوافق الخطى ضمن التحليل الديوفنطسى الجديد كما قامت المبرهنة التى تحمل خطأ اسم ويلسون ضمن التحليل الديوفنطسى الجديد نفسه.

كان هناك إذن فرق منهجى بين قاعدتين عقليتين فى ضبط الحساب فى القرن العاشر الميلادى فى الرياضيات المكتوبة فى اللغة العربية :

١- حساب "الارتماطيقى" اليوناني. فإذا استقريت الأعداد وميزت ، وجد بالتمييز والاعتبار الخواص كلها. ووجود خواص العدد بهذا الوجه يسمى الارتماطيقى . ويتبين ذلك فى كتاب "الارتماطيقى" لنيقوماخوس الجرشي؛

٢- حساب "علم العدد" العربي. وتتبع خواص العدد المدركة بالبراهين والمقاييس كلها، المقالات الثلاث من كتاب "الأصول" لإقليدس.

قد ورث ابن سينا هذا الفرق بين حساب "الارتماطيقى" اليونانى وبين حساب "علم العدد" العربي. قصد ابن سينا أن يصل بما قدمه من العلوم الرياضية العلم المعروف بالارتماطيقى وقد حدد كتاب "الأصول" لأقليدس أصولا عدة فى علم العدد، ومرجعية العلم المعروف بالارتماطيقي، لدى ابن سينا، على تلك "الأصول"، وقد نقل الأشكال الهندسية التى تتعلق بالضرب والقسمة وبأحوال النسبة إلى العدد، فقرر منها أحكام العلم المعروف بالارتماطيقي. من هنا فقد تلاقى ابن سينا وابن الهيثم فى التأسيس للحساب بمعنى "علم العدد" العربي، حيث تتبع خواص العدد المدركة بالبراهين والمقاييس كلها، من المقالات الثلاث من كتاب "الأصول" لإقليدس. وآثر ابن سينا الابتعاد عن التقليد الفيثاغوري. كان من عادة الفيثاغوريين فى علم العدد أن يوردوا فى موضع "أحوال العدد من حيث كيفية تأليفه من الوحدانيات" وفيما جرى مجراه كلاما "خارجاً" عن علم العدد، أى كان من عادة الفيثاغوريين فى علم العدد أن يوردوا فى موضع "أحوال العدد من حيث كيفية تأليفه من الوحدانيات" وفيما جرى مجراه كلاما "خارجاً" عن "عادة البراهين" وأشبه شيء بقول الخطباء والشعراء، فهجر ابن سينا ذلك التقليد الفيثاغورى الغير البرهاني، واللغة التقليدية، وحل محلها لغة الجبر والمقابلة، لكى يعبر بها عن القوى المتوالية لعدد تام. ومن هنا فمصطلح المال، والكعب، ومال المال، التى كانت تشير إلى القوى المتوالية للمجهول، استخدمها الفلاسفة لتسمية قوى العدد التام. واستعاد مبرهنة ثابت بن قرة عن الأعداد المتحابة من دون برهانها إنما استعادها بأسلوب اقليديسى تام. وسبق أن أشرنا إلى نشأة التقليد الحسابى فى القرن العاشر الميلادى نتيجة اللقاء بين تقليدين اثنين :

١- تقليد نظرية الأعداد كما وردت فى كتب إقليدس عن "الأصول"؛

٢- التقليد الذى وصل إلى مداه بعد ترجمة المسائل العددية لديوفنطس.

يعرف مؤرخ العلوم من التقليد الأول - تقليد نظرية الأعداد كما وردت فى كتب إقليدس- شروحات إقليدس كشروحات ابن الهيثم نفسه ونتائج ثابت بن قرة حول الأعداد الكاملة والأعداد المتحابّة. فإنها تؤول إلى تصور واحد للحساب : حساب الأعداد الصحيحة التى يمكن تمثيلها بقطع مستقيمة ، الأمر الذى لا يؤسس للبراهين ولا على طريقة إقليدس فى كتاب "الأصول". فإن هذا المعيار فى البرهان لم يشكل قيدًا على طريقة البحث وحسب بل اظهر الفرق بين نوعين من الحساب. وكان ظهور كتاب "المسائل العددية" لديوفنطس فى القرن العاشر الميلادى بداية التحليل الديوفنطسى الجديد للأعداد الصحيحة والطريقة الإقليدية من دون القراءة الجبرية لديوفنطس. صحيح أن مؤلفى التحليل الديوفنطسى الجديد، كالخجندى والخازن، تمثيلا لا حصراً، قد استعاروا من الجبر بعض طرق البرهان. إلا أنهم لم يفرقوا بين أعمالهم وأعمال الجبريين . فقاربوا بهذه الطريقة العديد من المسائل التى كان من أهمها نظرية ثلاثيات فيثاغورس ومسألة الأعداد المتوافقة وتمثيل الأعداد الصحيحة كمجموع لمربعى عددين واستحالة المعادلة $z^3 = y^3 + x^3$ فى مجموعة الأعداد الطبيعية، مما دفع الرياضيين فيما بعد إلى الاهتمام بنظرية التوافقات. ومع أن ابن الهيثم كان من أتباع التقليد الإقليدى فى نظرية الأعداد، فقد شرح كتب الحساب الخمسة لديوفنطس، وألف كتبًا فى نظرية الأعداد وفى الحساب قارب فيها التحليل الديوفنطسى.

وفى الجزء المنطقى من موسوعة "الشفاء" وفى سياق الكلام على "البرهان"، ضرب ابن سينا مثلا بالحالة الخاصة من فرضية بيار فرما، والتى كان مؤلفوالتحليل الديوفنطسى الجديد، كالخُجَندى والخازن، تمثيلا لا حصراً، قد قاربوها. وفى الجزء المنطقى من كتاب "الشفاء" وفى سياق الكلام على "البرهان"، تكلم ابن سينا عن الحساب بوصفه علما يشمل العلوم غير النظرية الأقليدية فى الأعداد والارتماطيقي. يشمل الحساب العلوم التى تتناول الأعداد النسبية المنطقة، والأعداد الصماء الجبرية. فهذا ما قاله فى علم الأرتماطيقي، وقد ترك حالات معينة اعتبر ذكرها فى موضع علم الأرتماطيقى خارجة عن قانون علم الأرتماطيقي، وقد أبقى من "علم الحساب" ما غناه فى الاستعمال والاستخراج، وهويماثل البحث فى علم الجبر والمقابلة والجمع والتفريق الهندى وما جرى مجراها فى ذلك الوقت من تطور العلوم الرياضية المكتوبة فى اللغة العربية.

بدا إذن ابن سينا وأسلافه ومعاصروه وكأنهم يحددون دراستهم فى نطاق الأعداد الطبيعية (ط). وهى الأعداد ١، ٢، ٣، ... وهى الأعداد الصحيحة الموجبة. أما فى حال البحث فى الأعداد النسبية المنطقة، وهى أعداد بالإمكان كتابتها بالشكل أ ض ب حيث أ، ب عددان صحيحان، ب - صفراً، فلم يكن بالإمكان الاستناد

إلى الجبر والحساب الهندي. إذن يشمل الحساب مجموع العلوم الحسابية التى تنهض على أساس الجبر والحساب الهندي. فالجبر والحساب الهندى هما الأداة التطبيقية للحساب الذى يختلف عن نظرية الأعداد القديمة. لكن هذين العلمين فى تصنيف ابن سينا يقعان ضمن ما سماه "الأقسام الفرعية".

لكن لتحديد تميز ابن سينا عن التصنيفات القديمة، اليونانية والهلنستية، ولتحديد تميز ابن سينا عن تصنيفاته الأخرى النظرية، قارن رشدى راشد بين تصنيفه وبين تصنيف الفارابي. فما سماه ابن سينا باسم "الأقسام الفرعية"، سماه الفارابى باسم العلوم التطبيقية، الإجرائية، المنهجية، التقنية، وضرب مثلا بعلم الجبر وما جرى مجراه من العلوم الرياضية المشتركة بين الحساب والهندسة. ويدرس الجبر الكميات الهندسية والأعداد النسبية المنطقة، والأعداد الصماء، الجبرية على السواء. من هنا لعبت "الأقسام الفرعية" دوراً متميزاً فى تعيين مجال للبحث الغير الأرسطى ضمن خيار موسوعى أرسطى عام.

لكن تصور الشيء الجبرى المشترك بين الحساب والهندسة، أدى إلى توليد تصور متميز للوجود لم يكن بالإمكان أن ينشأ فى بحث أرسطو. الشيء معلوم، قال سيبويه : الشيء مذكر وهو يقع على كل ما أخبر عنه. لذلك فهو اسم لما يصح أن يعلم أو يحكم عليه أو يخبر عنه. والظاهر انه مصدر بمعنى اسم المفعول من شاء، أى الأمر المشئ، أو المراد الذى يتعلق به القصد. صارت المعدودات، لدى إخوان الصفا، هى الأشياء نفسها. وأورد السجاوندى أن أصحاب الجبر يسمون ٩ مالا و٣ شيئاً إن كان مجهولاً. ومدار الجبر، لدى ابن البناء المراكشى فى "تلخيص أعمال الحساب"، على ثلاثة أنواع : العدد، والأشياء، والأموال، والمال ما يجتمع من ضرب الشيء فى الشيء. ومبنى الجبر والمقابلة لدى القلصادي، فى "كشف الأسرار عن علم حروف الغبار"، على ثلاثة أجناس، وهى الأعداد والأشياء والأموال والكعوب، وبعض الجبريين يخص الشيء بالجذر المجهول من دون المعلوم، فيكون أخص من لفظ الجذر.

ونقل لفظ شيء نقلا حرفيا فى ما سمى فى الغرب بالعصور الوسطى اللاتينية، فى شكل *xei*، وينطق بها على النسق الاسباني، ثم اختزل هذا اللفظ، وصار حرف *X* رمزاً للمجهول، وبالإمكان عقد المقارنة بين هذا اللفظ وبين الاستعمال اللاتينى *RES*، أى شيء، الذى استخدم فى ما سمى فى الغرب باسم "المجهول"، كما أورد روزبلّ، فى كتابه عن "تاريخ الرياضيات" (١٩٢٧)، وكما علق ميخائيل ستيفل فى كتابه " *Arithmetica integne*" (١٥٤٤) على كتاب الجبر*Die Coss (1525)* للعالم الألمانى كريستوف رودولف *Christoffs Rudolffs (1500-1545)* . فكلمة *Die Coss* هى دخيلة فى اللغة الألمانية، وهى قادمة من اللغة الإيطالية *Cosa* ومن اللغة اللاتينية *RES*، كما أسلفنا، ومن اللغة العربية "الشيء"، وأصبحت كلمة *Die Coss* اسماً يدل على رمز أ كتبديل لحرف *r* للإشارة إلى الجذر التربيعي.

كان الشيء لدى الخوارزمي، هو الجذر، وصار، لدى الفارابي، أعم من الموجود، بحيث صار "المستحيل" مجهولاً، جذراً، شيئا، وإن لم يكن موجوداً. فالشيء أعم من أن يكون بالفعل أو بالإمكان، فيشمل الواجب والإمكان والممتنع (تاج العروس).

وقد تواصل ذلك الاتجاه لدى الكَرَجى (المتوفى فى بداية القرن الحادى عشر الميلادي) الذى عمم الجبر ووسع تصور العدد. فقد صاغ النظرية الوحيدة، من بعد الخوارزمى وابن الفتح وأبى كامل، فى الحساب الجبرى عند العرب. كانت غاية الكَرَجى هو"البحث عن سبل لتحقيق استقلالية وخصوصية الجبر كى يصبح بمقدوره، بشكل خاص، الاستغناء عن التمثيل الهندسى للعمليات الجبرية، فالقضية تتعلق فى الواقع ببداية جديدة للجبر وذلك بتطبيق منهجى لعمليات الحساب على $]0,a[$ حَسْبَنة الجبر هذه تستند إلى جبر الخوارزمى المطور من قبل أبى كامل وكثيرين غيره، بالإضافة الى كتاب المسائل العددية لديوفنطس المشروح والمطور من قبل الرياضيين العرب أمثال أبى الوفاء البوزجاني. بالاختصار، فإن اكتشاف وقراءة مؤلف ديوفنطس فى ضوء التصورات والوسائط الجبرية الخاصة بالخوارزمى وغيره من الجبريين العرب مكنت من انطلاقة جديدة فى الجبر مع الكَرَجى كاتب أول عرض جبرى فى كثيرات الحدود. كانت غاية الكَرَجى إذن توسيع الحساب الجبري. وأكمل الكَرَجى مشروع تطبيق العمليات الحسابية على المفردات والعبارات الصماء. تلك كانت المسألة التى طرحها الكَرَجى وقد استعملها السموأل. أفضى هذا المشروع إلى معرفة أفضل بالبنية الجبرية للأعداد الحقيقية. لقد تناول الجبريون الحسابيون البنية الجبرية لمجموعة الأعداد الحقيقية R وإن لم يحاولوا بناء مجال الأعداد الحقيقية. لكن التقدم أصاب مجالا جبريا آخر، جدده فيما بعد، الخيام وشرف الدين الطوسي.

وضمن تراث هذا الجبر، استطاع الكَرَجى والسموأل أن يوسعا عملياتهما الجبرية لتطول الكميات الصماء. وكانت نتيجـــة هــذا المشروع هــو التفسير الجديد للمقالة العاشرة من كتاب "الأصول" الذى وضعه أقليدس (٢٨٣ق. م.) حوالى سنة ٣٠٠ قبل الميلاد، ذلك الكتاب الذى اقتصر على الهندسة فى نظر أغلب علماء الرياضيات بعامة، والكَرَجى وابن الهيثم بخاصة. فى إطار تقليد الكَرَجى صارت تصورات المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" جزءا من علم الجبر.

صارت مهمة الجبر المتميزة، حسب الكَرَجي، هى استخراج المجهولات من المقدمات المعلومة. فغرض الجبر فى بحث الكَرَجى هوتبيان كيفية استخراج الكميات المجهولة بواسطة الكميات المعلومة من طريق تحويل المعادلات المعروضة. فالقضية تحليلية. من هنا نهض التوسيع للحساب الجبرى المجرد ونهض أيضا اقتران الجبر بعد الكَرَجى بالتحليل ومقابلته بطريقة ما بالهندسة محققا بذلك استقلاليته الذاتية من جهة، هناك

العمليات الضرورية لإرجاع مسألة معينة الى شكل معادلة، أوالى أحد النماذج المرجعية التى قعدها الخوارزمي، ومن جهة أخرى هنالك عمليات ضرورية لصياغة حلول متميزة، أى هنالك عمليات ضرورية لصياغة القوانين. وتوصل الكَرَجي، للمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات المكتوبة فى اللغة العربية، إلى صياغة طريقة عامة فى حال المعاملات الموجبة فقط. وكانت هذه الطريقة أساس حل السموأل لمسألة كثيرة الحدود ذات المعاملات النسبية وغيرها من المسائل العديدة.

وذهب الفيلسوف والفلكى البيرونى "أبوالريحان محمد بن احمد" (٣٦٢-٤٤٠هـ) مذهباً أبعد منهم جميعاً فى تعميم الجبر وتوسيع نظرية الأعداد، فى البحث فى النسبة التى بين القطر وبين الدور فى كتاب "القانون المسعودي" (ج١)، وصارت نسبة محيط الدائرة للقطر كنسبة عدده الى عدده، وإن كانت "صماً"[٢٩]. وقد صار المجهول المسمى تارة بالجذر أوالشيء، لدى ابن سينا، لا يقتصر على المعنى الأفلاطوني-الآرسطى القديم بل انطوى على معنى وجودى متميز فى أفق التجديد الرياضى المتميز فى اللغة العربية فى العصر الكلاسيكي.

هوامش

١) رشدى راشد، الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي، المجلد ١، البصريات وعلم الضوء للكندي، ليدن، ا.ج. بريل، ١٩٩٦ (فى اللغة الفرنسية)؛ الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، فى اللغة الفرنسية؛ من قسطنطينية إلى بغداد، أنتيمس الترالى والكندي، أعمال مؤتمر من بيزنطة إلى الإسلام، ليون، ١٩٩٠، دمشق، ١٩٩٢، ص ١٦٥-١٧٠؛ شرح الكندى على آرشميدس، قياس الدائرة، العلوم العربية والفلسفة، ج٣، ١٩٩٣، ص ٧-٥٣ . فى اللغة الفرنسية. "الكندي، حول الوهم القمري"، جوليه ومادك وأوبريان (تحرير)، الباحثون عن الحكمة، فى ذكرى جون ببان، سلسلة الدراسات الأغسطينية، سلسلة العصر القديم، ١٣١، باريس، معهد الدراسات الأغسطينية، ١٩٩٢، ص ٥٣٣-٥٥٩ . فى اللغة الفرنسية."الكندي"، تأليف مشترك، الموسوعة الإسلامية، ليدن، ١٩٧٩، ص ١٢٣-١٢٦ . فى اللغة الفرنسية ؛ شرح الكندى على مناظر أقليدس، رسالة مجهولة، العلوم العربية والفلسفة، ٧؛١، ١٩٩٧، ص ٩-٥٧ . فى اللغة الفرنسية. وأنظر فيما يتعلق بالكندى بوجه عام، الفهرست ٢٥٥، ٣٥٧-٣٦٥، أخبار الحكماء، ٢٤٠، عيون الأنباء، ١، ٢٠٦ -٢١٤ ، طبقات الأطباء والحكماء، ٧٣ ، طبقات الأمم ٨٠-٨٣ ، لسان الميزان ٦، ٣٠٥-٣٠٧ ، قدرى طوقان، تراث العرب العلمي، ص ٩١ ، فليب طرازي، خزائن الكتب العربية، ١، ٥٦ و٢، ٧٦٢، محمد لطفى جمعة، تاريخ فلاسفة الإسلام، ص ١-١٢، محمد عبد الهادى ابوريدة، رسائل الكندى الفلسفية، كوركيس عواد، خزائن الكتب القديمة، ١٩٨، سامى الكيلاني، أسلوب الكندي، مجلة المجمع العلمى العربي، دمشق، ج١، مج ٣٨، ١٩٦٣ ؛د. عبد الرحمن بدوى (تحقيق وتقديم)، "رسائل فلسفية للكندى والفارابى وابن باجه وابن عدي"، بيروت-لبنان، دار الأندلس، ط٣، ١٩٨٣، ص ١-٥؛ أحمد فؤاد الأهواني، الكندي، فيلسوف العرب، القاهرة، سلسلة أعلام العرب، وزارة الثقافة والإرشاد القومي، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والطباعة والنشر، من دون تاريخ؛ محمد مبارك، الكندي، فيلسوف العقل، القاهرة، سلسلة كتاب الجماهير، وزارة الاعلام، مديرية الثقافة العامة، ١٩٧١؛ مصطفى عبد الرازق، فيلسوف العرب والمعلم الثاني؛ د. عمر محمد التومى الشيباني، "مقدمة فى الفلسفة الإسلامية"، الدار العربية للكتاب، ط٣ مزيدة، ١٩٨٢، مفهوم الفلسفة عند الكندي، ص ٧١-٧٣ .؛ ت. ج. دى بور، تاريخ الفلسفة فى الإسلام، نقله إلى العربية وعلق عليه محمد عبد الهادى أبوريده، الدار التونسية للنشر، المؤسسة الوطنة للكتاب، الجزائر، من دون تاريخ، الرياضيات عند الكندي، ص ١٩١-١٩٣؛ الكندي، كتاب الجواهر الخمسة، ترجمه عن اللاتينية محمد عبد الهادى أبوريدة، القاهرة، دار الفكر العربي، ١٩٥٣؛ د. عاطف العراقي، مذاهب فلاسفة المشرق، القاهرة، دار المعارف، ط١٠، ١٩٩٢؛ د. عاطف العراقي، تجديد فى المذاهب الفلسفية والكلامية، القاهرة، دار المعارف، ط ٦، ١٩٩٣، الكندى ومشكلة السببية، ص ٨٥-٩٦؛ د. فيصل بدير عون، الفلسفة الإسلامية فى المشرق، القاهرة، دار الثقافة، ١٩٨٢، ص ١٣٨-١٥٢؛ د. عبد الأمير الأعسر (دراسة وتحقيق)، "المصطلح الفلسفى عند العرب"، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٨٩، ص ١٨٧-٢٠١ .

٢) ابن عبد ربه الأندلسي، كتاب "العِقد الفريد" على بحث الكندى فى الفلسفة الأولى، تحقيق محمد سعيد العريان، القاهرة، ١، ص ٢٠٥-٢٠٦ .

٣) أبو سليمان السجستاني، "منتخب صوان الحكمة ورسائل أخرى"، تحقيق عبد الرحمن بدوي، طهران، ١٩٧٤، ص ٢٧٣.

٤) الكندي، "يعقوب بن اسحق، رسائل الكندى الفلسفية"، القاهرة، ١٩٥٠، ج١، ص ١٠٢، وأنظر العبارة المماثلة فى ص ١٠٣ من المرجع نفسه.

٥) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ٩ .

٦) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ٩ .

٧) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ٩ .

٨) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ٩ .

٩) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ١١ .

١٠) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ١١ .

١١) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ١٣ .

١٢) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ١٣ .

١٣) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ١٣ .

١٤) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ١٣ -١٥ .

١٥) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ١٥ .

١٦) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ١٥ .

١٧) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ١٩ .

١٨) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ١٩-٢٠ .

١٩) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ٢١ .

٢٠) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ٢٣ .

٢١) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ٢٣ .

٢٢) د. رشدى راشد، "الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي"، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، ص ٢٥ .

٢٣) رشدى راشد، الرياضيات والفلسفة عند ابن سينا، فى الكتاب الجماعى : "دراسات حول ابن سينا"، إشراف ج. جوليفيه ورشدى راشد، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، دراسات وإعادات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤ ، ص ٢٩-٣٩، فى اللغة الفرنسية؛ د. رشدى راشد، التوافيقية والميتافيزيقا، ابن سينا والطوسى والحلبي، نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر، رشدى راشد وجوال بيبار (تحرير)، لوفان، دار بيترس للنشر، ١٩٩٩، ص ٦١-٨٦ . الترجمة الألمانية فى روديجر ثيله (تحرير)، الرياضيات، فى الذكرى السبعين لميلاد ماتياس شرام، برلين، ديبهولس، ٢٠٠٠، ص ٣٧-٥٤؛ د. رشدى راشد، التوافيقية والميتافيزيقا، ابن سينا والطوسى والحلبي، نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر، رشدى راشد وجوال بيبار (تحرير)، لوفان، دار بيترس للنشر، ١٩٩٩، ص ٦١-٨٦ . الترجمة الألمانية فى روديجر ثيله (تحرير)، الرياضيات، فى الذكرى السبعين لميلاد ماتياس شـــرام، برلين، ديبهولس، ٢٠٠٠، ص ٣٧-٥٤ . أنظر فيما يتعلق باين سينا : د. عاطف العراقي، تجديد فى المذاهب الفلسفية والكلامية، القاهرة، دار المعارف، ط ٦، ١٩٩٣، ابن سينا وعلل الموجودات، ص ٩٧-١٢٢ .؛ابن سينا، التعليقات، حققه وقدم له د. عبد الرحمن بدوي، ليبيا، مركز النشر، مكتب الإعلام الإسلامي، ١٩٧٢ ؛ نسيم مجلي، ابن سينا القرن العشرين، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٨٨؛ د. عبد الأمير الأعسر، المصطلح الفلسفى عند العرب، دراسة وتحقيق، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٨٩، ص ٢٢٩-٢٦٣؛ ابن سينا، الشفاء، الفن الأول من جملة العلم الرياضي، أصول الهندسة، مراجعة د. إبراهيم بيومى مدكور، تحقيق د. عبد الحميد صبره وعبد الحميد لطفى مظهر، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٧٦؛ الفن الثانى فى الرياضيات، الحساب، مراجعة وتقديم د. إبراهيم بيومى مدكور، تحقيق عبد الحميد لطفى مظهر، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٧٥؛ ٤- علم الهيئة، مراجعة وتصدير د. إبراهيم بيومى مدكور، تحقيق د. محمد رضا مدور ود. إمام ابراهيم أحمد، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٨٠؛ "الإشارات والتنبيهات"، مع شرح نصير الدين الطوسي، تحقيق د. سليمان دنيا، القسم الأول، القاهرة، دار المعارف بمصر، ١٩٦٠؛ عيون الحكمة، حققه وقدم له د. عبد الرحمن بدوي، وكالة المطبوعات، الكويت، دار القلم، بيروت-لبنان، ط٢، ١٩٨٠؛ البرهان، حققه وقدم له د. عبد الرحمن بدوي، القاهرة، دار النهضة العربية، ١٩٦٦ .

٢٤) هذه الترجمة السينوية (ابن سينا) مقتبسة من كتاب "عيون الأباء فى طبقات الأطباء"، لابن أبى أصبيعة الجزء الثانى ، ص٢ وما بعدها ، الطبعة الأولى بالمطبعة الوهبية طبع سنة ١٢٩٩ه، ١٨٨٢م، الموجود بمكتبة الأزهر تحت رقم ٤٠٠٧ خصوصية ٥٢٩٨٦ عمومية قسم التاريخ، نقلا عن ابن سينا، "الإشارات والتنبيهات"، مع شرح نصير الدين الطوسي، وبتحقيق د. سليمان دنيا، القسم الأول، دار المعارف بمصر، ١٩٦٠، ص ١٢٥-١٤٥ . ابن سينا : يوسف اليان سركيس، "معجم المطبوعات العربية والمعربة"، وهوشامل لأسماء الكتب المطبوعة فى الأقطار الشرقية والغربية، مع ذكر أسماء مؤلفيها ولمعة من ترجمتهم وذلك من يوم ظهور الطباعة إلى نهاية ١٩١٩ ميلادية، مطبعة سركيس بمصر، ١٩٢٨م، ص ١٢٧-١٣٢؛ "أخبار الحكماء"، ص ٢٦٨؛ "عيون الأنباء" ج٢، ص٢؛ ابن خلكان، ج١، ١٩٠، "تاريخ مختصر الدول"، لابن العبري، ص ٥٥ : تحمل ابن سينا والفارابى علم آرسطو"على الوجه المقصود."، ، ١٨٧- ١٨٩، ٢٤٠؛ "تاج التراجم" لابن قطلويغا، ١٩، أبوالفدا، ج٢ ، ١٦١، عبد القادر بن عمر البغدادي، "خزانة الأدب"، لب لباب لسان العرب، ٤، ٤٦٦؛ "روضات الجنات"، ص ٢٤١ .

٢٥) الفارابي، إحصاء العلوم، حققه وقدم له وعلق عليه د. عثمان أمين، القاهرة، مكتبة الأنجلو المصرية، ط٣، ١٩٦٨، ص ٥٣.

٢٦) ابن سينا، "الشفاء"، "الطبيعيات"، ١، "السماع الطبيعي"، تصدير ومراجعة إبراهيم مدكور، تحقيق سعيد زايد، بمناسبة الذكرى الألفية للشيخ الرئيس، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٨٣، ص ٣

٢٧) ابن سينا، "عيون الحكمة"، ط٢، حققه وقدم له عبد الرحمن بدوي، الكويت، وكالة المطبوعات، ١٩٨٠، ص ١٧.

٢٨) (ابن خلدون، المقدمة، ج١، الدار التونسية للنشر، ١٩٨٤، ص ٦٠١-٦٠٢ .

٢٩) البيروني، محمد بن أحمد أبوالريحان الخوارزمى (٣٦٣-٤٣٩ه / ٩٧٣-١٠٤٨م)؛ معجم الأدباء، ٦، ٣٠٨؛ عيون الأنباء، ٢، ٢٠؛ بغية الوعاة، ٢٠؛ روضات الجنات، ١، ٦٨ و٤، ١٧٩؛ ابن العبري، ٤٣٢ .بحث مارتن هيدجر عن تصور "الشيء" فى أغلب أعماله، نذكر منها، مايلى :

Ding wird in Sein und Zeit im hergebrachten Sinne von Vorhandenes gebraucht; der spatere Wortgebrauch ist aus den folgenden Hinweisen auf die spateren Werke zu entnehmen. M. Heidegger, Sein und Zeit, Max Niemeyer Verlag, Tubingen, 1993, s. 67 (l. 36-40), s. 68 (l. 1-20), s. 74 (l. 5-13), s. 81 (l. 4-14), s. 83 (l. 27-34), s. 99 (l. 12-25), s. 100 (l. 7-14), s. 130 (l. 7-9), s. 369 (l. 12-22) Platons Lehre von der Wahrheit (1947), Max Niemeyer Verlag, Tubingen, 1975,s. 29; Holzwege (1950), Max Niemeyer Verlag, Tubingen, 1980, s. 1-56; Vortrage und Aufsatze (1954), Max Niemeyer Verlag, Tubingen, 1986, s. 145-156,s. 158-175; Aus der Erfahrung des Denkens(1954), Max Niemeyer Verlag, Tubingen, 1986, s. 17; Unterwegs zur Sprache (1959), Max Niemeyer Verlag, Tubingen, 1986, s. 20-32, s. 164-172, s. 187-188, s. 208, s. 216, s. 221, s. 229, s. 232-233, s. 236-238; Gelassenheit (1959), Max Niemeyer Verlag, Tubingen, 1988, s. 40, s. 52-56,s. 58, s. 64. Die Frage nach dem Ding (1962) Max Niemeyer Verlag Tubingen, 3, 1987.

الباب الرابع

تريض العلوم الاجتماعية

"ليس المنهج أمراً يقبل العزل العشوائي، لمقتضيات حل مسألة معينة، إنما الحذر يقضى بتجريد المسألة من قشرتها العَرَضية، الواقعة فى حالة خاصة، كما يقضى بتدقيق الشروط الضرورية والكافية لتطبيق المنهج... ولن تكون هناك رياضيات دقيقة إلا إذا حددنا، من خلال الإجراءات نفسها، مجال الموضوعات التى تطابقها."

جون كافياس

"ألم يئن الأوان لكى يجتنب المؤرخ اللجوء إلى المعجزات فى كتابة التاريخ - كالمعجزة اليونانية عند السواد الأعظم، أو كالمعجزة العربية عند سارطون حديثًا؟ ألم يئن الأوان لكتابة التاريخ من دون اللجوء إلى البداهات الكاذبة التى تدعو إلى صناعتها دواع قومية تكاد لا تخفي."

رشدى راشد

خطورة التبسيط فى العلوم الاجتماعية

سبق أن بينا فى الباب الأول من هذا الكتاب برهان رشدى راشد أن الطريق، فى تاريخ العلوم، إلى الكشف العلمى ليست طريقا مباشرة ولا طريقا قصيرة. وأما عن دائرة الكشف العلمى فهى ما يمكن أن يشاهد بطريق غير مباشرة. وأما عن المنهج فإن العلم يستخدم فى بحثه نتائج خبرته المباشرة بالمخطوطات العربية القديمة من طريق الحواس كما يستخدم التفكير الرياضى والتاريخى والفلسفى المنظم. فأما عن الغرض فهو الوصول إلى معرفة رياضية-تاريخية-فلسفية أخرى. لكن عندما نبحث عن الشروط العربية لتقدم العلوم بعامة، سرعان ما نتوصل إلى هذه القناعة بأنه ينبغى طرح مسألة المعرفة العلمية العربية بلغة المسائل.

رسم رشدى راشد، كما بينا فى الباب الأول، خطة للبحث. تتوافر فيها عناصر الطريقة الحديثة وتتوافر فيه شرائطه. ولكن يصح لنا أن نتساءل ما هى الأدلة على أن رشدى راشد قد طبق هذه الخطة فى بحوثه وسلك سبيلها عملاً وفعلاً ؟ فإن وضع الخطط شئ وتنفيذها شئ آخر. وقد عرضنا فى الباب الثانى من هذا الكتاب تأريخ رشدى راشد، إذن، فى حقل العلوم وفلسفتها فى الفترة الكلاسيكية من مدرسة الإسكندرية إلى منتصف القرن السابع عشر. وقد أدت هذه البحوث والدراسات إلى تغيير مجموعة من التصورات الشائعة حول الرياضيات العربية كما صاغها المثقفون العرب والغربيون على حد سواء. وليس من شك فى أن الفيثاغوريين قد صاغوا الرياضيات صياغة علمية، أى أنهم أسسوا علما رياضيا نظريا. كان ذلك تجديدهم الأساس فى تاريخ العلوم. فقد حولوا الهندسة إلى تعليم حر يفحص المبادئ ويكتشف النظريات من طريق ذهنى خالص لا يبالى بالتجربة. لكنهم لم يجيبوا على الأسئلة كلها التى كانت موضع البحث العلمي. من بين القضايا التى توصل رشدى راشد إليها، الكشف عن حقول علمية جديدة تمام الجدة وخاصة فى المجالات المجهولة من الرياضيات العربية.

أما الوجهة الفلسفية فهى كانت محور الباب الثالث : الفلسفة كما صاغها الرياضيون العرب لا كما صاغها الفلاسفة الخلص. فى ذلك الباب الثالث عن فلسفة الرياضيات العربية، تناولت بالتحليل والنقد رؤية رشدى

راشد الفلسفية إلى الرياضيات والنظر الرياضى للفلسفة فى آن واحد. فهو باب عرض للتاريخ الفكرى للأفكار الرياضية العربية، وبوجه خاص طرق البرهان فى الرياضيات، وأساس المعرفة الرياضية، واليقين الرياضي.

والباب الحالى إنما هو عرض لقضية ترييض العلوم الاجتماعية. فقد كان أساس بحث رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية هو البحث فى ترييض العلوم الاجتماعية أو ما سمى باسم "الصياغة الرياضية" للعلوم الاجتماعية وبنيتها الرياضية. وقد كشف رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية نفسها عن التطبيقات المتبادلة بين علوم الرياضيات كافة. يستخرج الجبر بالمعادلة، تمثيلا لا حصراً، يعنى أن الجبر يستخرج بمعادلة تلك القوى بعضها ببعض، على ما هو معروف من قبل الخيام، تمثيلا لا حصراً، فى علم الجبر والمقابلة. وإذا استعمل الجبرى مال المال فى المساحات فإن ذلك على سبيل تطبيق الجبر فى الهندسة إذ من المحال أن يكون فى المقادير مال المال، والذى يقع فى المقادير هو البعد الواحد وهو الجذر أو الضلع إذا أضيف إلى مربعة، ثم البعدان وهو السطح، والمال فى المقادير هو السطح المربع، ثم الثلاثة الأبعاد وهو الجسم، والكعب فى المقادير هو المجسم الذى يحيط به ستة مربعات، وإذ لا بعد آخر فلا يقع فيها مال المال فضلاً عما فوقه، وإذا قيل مال المال فى المقادير فإنما يقال ذلك لعدد أجزائها عند المساحة لا لذواتها ممسوحة، وبينهما فرق : فمال المال لا يقع فى المقادير لا بالذات ولا بالعرض، كما أورد أرسطو فى كتابه "المقولات" (٦، ٥أ، السطر ٤٠) الفرق بين الذات والعرض، وليس كالزوج والفرد فإنهما يقعان فيها بالعرض بحسب العدد الذى ينفصل به اتصالها.

ويعود الانتباه الأصلى إلى ترييض العلوم الاجتماعية كعقائد لاشكلية، فى إطار عمل رشدى راشد-كما سنشير إلى ذلك فى سياق الكلام على "الرياضيات المزدوجة أو التطبيقية"- ومحتوياتها، نلاحظ أن مشكلة السَمْطقة اللامتناهية *unlimited semiosis*، أى العلاقة العلامية بين الشكل الرياضى والمضمون الاجتماعى، التى تتكون منها الرياضيات التطبيقية، تنطرح على الدوام -فى إطار العملية اللامتناهية الافتراضية التى تحل من خلالها العلامة أو مجموعة العلامات محل علامة أو مجموعة علامات أخرى- عندما نفكّر فى وضع العلوم الاجتماعية غير الرياضية، أى فى تفسير العلامة غير الرياضية بمفسرة *interpretant* – هى العلامة الرياضية. ومن دون هذا الإحلال المتبادل بين العلامات، أى من دون الالتباس فى "الرياضيات الخالصة" ومتناقضاتها الدلالية، يعجز الدارس عن استعمال الصور والمجاز، من جهة، كما يعجز الباحث عن ترحيل نظرية قائمة *théorie confisquée*، بحسب اصطلاح جورج كونجيلام *Georges CANGUILHEM*، إلى مكان آخر ولأهداف أخرى : كيف بالإمكان ترييض العلوم الاجتماعية لكى تصبح علوما بالمعنى الصحيح للمصطلح والكلمة والفكرة؟ كيف بالإمكان ترييض دراسة الأخلاق أو دراسة الفضائل أو الرذائل؟[1]

إن العلوم الاجتماعية المعاصرة هى أشبه بمبادئ أو آراء دينية، فلسفية، فقهية، وتنسب إلى أحد المفكرين أو إحدى المدارس. وهى علوم نقلية-تعليمية. ومن خصائص المذهب التعليمى أن تكون مبادئه وحقائقه متصلة بالعمل، لا أن تكون مجرد حقائق نظرية، ولذلك قيل إن الفرق بين العلم والمذهب التعليمى أن العلم يشاهد ويفسر، والمذهب التعليمى يحكم ويأمر ويطبق. ومذهب التعليم عند العرب مذهب الباطنية الذين يدعون أنهم أصحاب التعليم، والمخصوصون بالاقتباس من الإمام المعصوم. تشبه العلوم الاجتماعية إذن العقائد أو الأقوال الدينية أو الفلسفية التى توجه الإنسان وتفسر له حياته وسلوكه كعقيدة أفلاطون الفلسفية أو عقيدة تناسخ الأرواح عند أو فيديوس أو العقيدة السياسية لحزب من الأحزاب أو العقيدة الطبية فى مجال الطب أو العقيدة الدينية. بعبارة أخرى، تشبه العلوم الاجتماعية المذاهب أو الطرق أو المعتقدات التى يعتنقها المرء اعتناقا تاما. هذا هو المعنى الأول لمصطلح "العقيدة غير الشكلية". وقد سبق أن بحث الأسقف توماس بيز فى "عقيدة" الحظوظ فى القرن الثامن عشر فى *An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances* أو "محاولة نحو حل مسألة نظرية الحظوظ" (١٧٦٣).

أما المعنى الثانى فهو تكرار نظرية علمية قائمة فى مجال آخر، مثل الفيزياء الأرسطية، وانتقال الاستاتيكا الأرشميدية إلى الديناميكا القديمة، أو انتقال ميكانيكا نيوتن إلى مجالات متنوعة فى القرن الثامن عشر، أو عقيدة العقد فى القرن الثامن عشر، أو العقيدة الداروينية الاجتماعية الحديثة. السؤال المنهجى الأساس الذى يدور حوله تكرار منهج معين فى مجال مغاير لنطاق المنهج الأصلى هو سؤال التكرار الذى كان قد طرحه سيجموند فرويد فى كتابه ما بعد مبدأ اللذة كما سبق أن أثاره سورن كيركجورد فى الخوف والرعدة على مستوى الخبرة الدينية، وجيل دولوز فى الاختلاف والتكرار، وجاك ديريدا فى "الاختلاف والتكرار". ا لتكرار، عند سيجموند فرويد، هو مبدأ ما بعد اللذة أو مبدأ فقد اللذة. ذلك هو الحصاد المنهجى الأساس الذى ينتج عن تكرار منهج معين فى مجال مغاير لنطاق المنهج الأصلى : فَقْد الموضوع المغاير. فهل علم الرياضيات هو العلم المتبوع وعلم الاجتماع والاقتصاد والنفس هى العلوم التابعة؟ ذلك هو السؤال المنهجى المحوري. وهو سؤال يحتاج إلى تفصيل وتدقيق فى هذا الباب. ينبع مشروع رشدى راشد، كما أسلفنا، من ثنائية التكرار والاختلاف التى عمت الثقافة الغربية فى ربع القرن الأخير وحلت محل ثنائية المتماهى والسلبي، الهوية والتناقض. لا يتضمن الاختلاف البعد السلبى ولا يصل إلى حد التناقض، إلا إذا أخضعنا الاختلاف للهوية. فأولية الهوية مقرونة ب ألوية عالم التمثيل. مع أن الفكر الغربى الحديث نشأ عن انهيار التمثيل وعن فقد الهويات وعن الكشف عن أغلب القوى الفاعلة تحت تمثيل المتماهي. فالعالم الغربى الحديث إنما هو عالم الصورة، الظاهر، انه عالم "خيال الظل"، إن جاز التعبير.

أساس إعادة رشدى راشد الرياضيات إلى العلوم الاجتماعية : أساس عربى من جهة، وأساس غربى معاصر، من جهة أخرى. ويكرر رشدى راشد إذن الرياضيات فى العلوم الاجتماعية. وبحث فى ما يعترض هذا التكرار من مشكلات تقنية ومعرفية. وهذا ما سماه باسم ترييض العقائد اللاشكلية.

نهضت عقيدة جون جاك روسو فى العقد [٢]، تمثيلا لا حصرا- على المد الكلامى للخبرة الواقعية إنما تتجاوز المعرفة المشتركة إلى البحث عن التوسط الساذج بين المعطيات (أطر التمثيل العام للظاهرة أو صياغة العلاقة -المتعالية، نسبيا- بين التصورات) والاتساق.

من هنا ميز رشدى راشد بين نوعين من أنواع الترييض. هناك طريقتان أساسيتان لتكرار علم الرياضيات فى ميادين العلوم الإنسانية والاجتماعية المختلفة ألا وهما : إحلال مباشر وتام *directe et complète* للعلاقات الرياضية محل تصورات العلم المنقولة إليه، من جهة، والعلم الوسيط أو اللجوء إلى علم ثالث *tierce-discipline* لاستعماله كعلم وسيط، إن جاز التعبير، تسيطر عليه الرياضيات، من جهة ثانية. والمطابقات القياسية بين العلمين الأوليين هى وسيلة ترييض اللاشكلي. واللجوء إلى علم ثالث *tierce-discipline* يمثل طبقة خاصة من طبقات الترحيل التى تولدها الرغبة فى إقامة تركيب أفضل بين الرياضيات وبين التمثيل النظرى للظاهرة. حاول الفيلسوف إقامة تركيب أفضل بين الهندسة وبين التمثيل الفلسفى للظاهرة، وعلم المناظر، والميكانيكا، والاجتماع، إنما هى علوم، بالمعنى الأول، إحلال مباشر وتام *directe et complète* للعلاقات الرياضية محل تصورات العلم المنقولة إليه، أى أنها رياضية أو علم محض أو منطق. أما فى المعنى الثاني، العلم الوسيط أو اللجوء إلى علم ثالث *tierce-discipline* لاستعماله كعلم وسيط، إن جاز التعبير، تسيطر عليه الرياضيات، فقد كان علم الحركة، تمثيلا لا حصرا، العلم الوسيط فى المناظر، منذ بطلميوسوابن الهيثم بالذات، وكانت الاستاتيكا، فى القرن السادس عشر بعامة، وعند ترتليا بخاصة، العلم الوسيط فى علم الحركة القديم. وإذا كان علم المناظر والميكانيكا قد لجأ إلى علوم وسيطة لكى يصبحان علمين رياضيين، فإن الأمر أصعب بكثير فى ميدان العلوم الاجتماعية التى لجأت إلى علم الاحتمال منذ القرن الثامن عشر كعلم وسيط أو إلى علم ثالث *tierce-discipline* لاستعماله كعلم وسيط، إن جاز التعبير، تسيطر عليه الرياضيات. وذلك بسبب التباس علم الاحتمال نفسه. فهو إما عقيدة الحظ، وحساب الحظ، وإما عقيدة القرار، أو نظرية الاحتمال *aléatoire*[٣] أو حساب الاحتمال.

٤-١- أنواع الاحتمال

لا يفصل العلماء عادة بين أنواع. إذ نراهم يتكلمون عن تصور واحد للاحتمال يطبقونه فى قطعة نقود معدنية م. ويقولون إن : " نوع الاحتمال الذى نعنيه، هو الذى يحقق لنظرية الاحتمال، يتم تحقيقها بكلا

المفهومين. ومن ثم نجد أن هذه الملاحظة، لم توضح مسألة نموذج الاحتمال الذى يعنونه بدقة. من هنا فإن معظم المؤلفات التى تتناول موضوع الاحتمال لا تفرق بين مختلف أنواع الاحتمال، ومع ذلك، هناك أنواع عدة مختلفة بشكل أساسى للاحتمال، ولا بد من التفريق بينها بدقة. لذلك لا بد من إعادة بناء شكلى لتصور الاحتمال، وذلك وفقا للفرضيات المتميزة ومقاييس توافق التصور الحديث والمقارنة بينه وبين التصور القديم، والحكم طبقا لسياقات واضحة حتى إذا تشابهت التصورات واللحظات والتحليلات.

يعنى المحتمل، لغةً، الممكن الوقوع، والاحتمال ما لا يكون تصور طرفيه كافيا، بل يتردد الذهن فى النسبة بينهما، ويراد به الإمكان الذهني، كما عبر الجرجاني.

ويطلق المحتمل على الرأى الذى تقبله بغير برهان، لظنك أنه أقرب إلى الحقيقة من الرأى المضاد له. وللمحتمل درجات متفاوتة الصدق، فعلى قدر ما يكون الأمر أكثر احتمالا، يكون التصديق به أرجح، وعلى قدر ما يكون أبعد عن الحقيقة يكون احتمال التصدق به أقل. والاحتمال أنواع عدة :

١- الاحتمال الذهنى ؛

٢- الاحتمال الرياضي؛

٣- الاحتمال الإحصائى؛

٤- الاحتمال المنطقي.

وأما الاحتمال المنطقى - طبقا لجون ماينرد كينز *John Maynard Keynes*، تمثيلا لا حصرا، فهو عبارة عن علاقة منطقية بين قضيتين. ولم يحاول جون ماينرد كينز تعريف هذه العلاقة. بل نراه يذهب أبعد من ذلك بقوله إنه لا يمكن حتى وضع صياغة لتعريفه. ولكنه يصر على أنه بالحدس وحده يمكننا فهم معنى الاحتمال. وذكر أنه عندما نصوغ قضية احتمالية، فإننا لا نصوغ قضية عن العالم، بل إننا نصوغ علاقة منطقية بين قضيتين. وكان يشك بوجه عام فى الاحتمال العددي. وقد وافق على أن ذلك يمكن أن يتحقق فى حالات خاصة، مثل رمى زهر، الذى ينطبق عليه مبدأ اللامبالاة. فالزهر متناسق الأجزاء، وجوهه متشابهة، وليس هناك ما يدعونا إلى الشك فى أنه مشحون بشيء ما، وهكذا ونفس الشيء ينطبق على ألعاب الحظ الأخرى، التى تنظم بعناية لحداث تماثل فيزيائي، أو على الأقل، تماثل من جهة معارفنا، وجهلنا، فعجلات الروليت مصنوعة بحيث تكون القطاعات الدائرية متساوية. فالعجلة موزونة بعناية لتمنع أى انحراف يمكن أن

يسبب توقف الكرة على عدد دون آخر. وإذا ضرب شخص ما عملة معدنية بأظافره فلن يكون هناك ما يدعونا إلى توقع ظهور وجه دون آخر. ويذهب كينز فى الاحتمال المنطقى مذهبا مزدوجا :

١- جزء من اعتقادنا عقلى وجزء آخر غير عقلي. فإذا ما اعتقد رجل بشيء ما بعيد عن الصواب أو غير معقول على الإطلاق، فإن ما اعتقد به يصبح حقيقيا لأسباب مجهولة بالنسبة لنا، ولا يمكنه القول أن ما اعتقده كان عقليا، بالرغم من ما اعتقد به هو صادق فى الحقيقة؛

٢- يمكن لشخص ما أن يعتقد عقليا فى جملة محتملة، وتكون كاذبة فى الحقيقة، فالتمييز بين الاعتقاد العقلى والاعتقاد المجرد ليس هو نفسه التمييز بين الاعتقادات الصادقة والاعتقادات الكاذبة. والدرجة الأعلى للاعتقاد العقلي، والذى يقال عنها اعتقاد مؤكد، هى درجة مطابقات المعرفة.

والشكل الثانى المهم فى نشأة الاحتمال المنطقى الحديث كان على يد هارولد جيفرز – *Harold Jeffreys* الجغرافى الطبيعى الإنجليزي. نشرت جامعة اكسفورد عام ١٩٣٩ نظريته فى الاحتمال لأول مرة، وفيها يدافع عن تصور غير عددى للاحتمال. عندما نشر كينز كتابه (الذى ظهر عام ١٩٢١ ومن المحتمل أن يكون كتبه عام ١٩٢٠) ظهرت أيضا الطبعات الأولى لنظريات ميزس ورايشنباخ فى الاحتمال. قرر هارولد جيفرز أن النظرية التكرارية خاطئة، وأكد وجهة نظر جون ماينرد كينز التى يقرر فيها الابتعاد عن النظرية التكرارية والأخذ بالعلاقة المنطقية. اعتقد أن القيم العددية يمكن تحديدها احتماليا فى عدد كبير من المواقف، وبصفة خاصة فى كل المواقف التى يطبقها الإحصاء الرياضي. وأراد أن يحل المشكلات نفسها التى وضعها ر.أ. فيشر، لكن من منظور مبدأ اللامبالاة للاحتمال.

المسلمة التى يذكرها جيفرز تقول : " تحدد العدد الأكبر فى المعطيات المتاحة للقضية التى يكون احتمالها أكبر " ولذلك فالأعداد المساوية للقضايا المحتملة بالمثل ". يقرر الجزء داخل الأقواس بوضوح أنه إذا كانت ن، هـ متساويتين فى درجة الاحتمال طبقا لقاعدة البداهة *on the basis of evidence* "، إذن فالأعداد المتساوية تحدد القيمة الاحتمالية لـ ن، هـ على أساس برهان " و" لا تخبرنا القضية بشيء عن الحالات التى نلاحظ بها ن، هـ متساوية فى الاحتمال مع و. ولم يذكر جون ماينرد كينز فى أى مكان من كتابه قضية تشير إلى تلك الحالات. وأخيرا، لكى يقيم مبرهنات للقوانين العلمية، نراه يشرح هذه المسلمة بطريقة غاية فى العجب. إذن فلا بد أن تكون الاحتمالات متساوية ". وبكلمات أخرى. إذا لم نحز على شواهد مرضية لاعتبار نظرية ما صادقة أو كاذبة، إذن علينا أن نحسب احتمال صدق هذه النظرية بنسبة ١/ ٢. فإذا كان ولا بد من استخدام مبدأ اللامبالاة، فينبغى توافر التماثل فى الموقف، مثل تساوى أوجه الزهر، أو تساوى القطاعات الدائرية لعجلة الروليت، ذلك الأمر الذى يمكننا من القول أن هناك حالات معينة متساوية الاحتمال. وفى

غياب مثل هذه التماثلات فى الموضوعات الفيزيائية أو المنطقية لموقف ما، فلا يسوغ لنا على الإطلاق أن نفترض احتمالات متساوية، لأننا لا نعرف أى شئ عن العلاقة التقديرية للظواهر المتناظرة .

وأما الاحتمال الذهنى فهو توقع الذهن حدوث أمر، وإن كان حدوثه غير يقيني. مثال ذلك إذا كان المستقبل ينطوى على الكثير من الوقائع الممكنة، وكان بعض هذه الحوادث أقرب إلى الوقوع من بعض، بحيث يكون وقوع أكثر احتمالا من وقوع ب، ووقوع ب أكثر احتمالا من وقوع ج، فإنه من الواجب على العاقل أن يجعل سلوكه موافقا لاحتمال وقوع هذه الوقائع، وإذا لم يفعل ذلك، أخطأ.

وأما الاحتمال الرياضى -وهو موضوع بحث رشدى راشد الأساس- فهو احتمال قبلى فهو نسبة عدد المرات التى يمكن أن يقع فيها الحادث إلى المجموع الكلى لعدد المرات. فإذا ما قذفنا بقطعة نقود فى الهواء، فإن احتمال سقوطها إلى الأرض بحيث تكون الصورة إلى أعلى هو ١ / ٢. الاحتمال الرياضي، إذن، هو القيمة التى يتم تحديدها بدقة للدلالة على فرص وقوع الواقعة. واحتمال وقوع الواقعة فى حساب الاحتمالات يعبر عنه العدد الذى يقع بين الصفر والواحد الصحيح، فالصفر يشير إلى أن ذلك الحادث لا يحتمل وقوعه البتة، والواحد الصحيح يشير إلى توكيد *CONFIRMATION* وقوعه.

وأما الاحتمال الإحصائى البعدى فهو عبارة عن النسبة بين عدد المرات التى تقع فيها الحادثة وقوعا فعليا، وبين المجموع الكلى لعدد المرات التى يمكن وقوعها، ويقتضى هذا أن يكون هنالك عدد كبير من الحالات الممكنة، وأن يحصى عدد حالات الوقوع بالقياس إلى المجموع، فإذا تم هذا الإحصاء، أمكن التعبير عنه بنسبة رياضية، مثل ب/ ج، كالنسبة المئوية للوفيات، فهى الأساس الذى تبنى عليه شركات التأمين حساباتها.

٤-٢- التعليل والاحتمال

والاحتمالية مذهب الاحتمال، وهو وسط بين مذهب الشك ومذهب اليقين، وخلاصته أن العقل البشرى يقدر أن يبلغ الاحتمال لا اليقين، النسبى لا المطلق. أما العلة فكانت بحثا عن المطلق فى العلم. كان العلم، عند اليونان، هو البحث عن علة الوقائع. لكن التعليل مصطلح ملتبس الدلالة. فهو

١- إما تعليل التصورات والعبارات : تعليل دلالى؛

٢- إما عرض العلل التى تؤسس للحكم؛

٣- إما الصياغة المعقدة لبنية نظرية تحتل فيها بعض التعميمات الصادقة بعض المواقع الحاسمة؛

٤- إما تشخيص علي -العلة- لوقائع أو حالات أو وقائع خاصة. وهو تحليل العوامل السابقة التى قد تكون مسؤولة عن وقوع الواقعة.

٤-٢-١- التعليل القديم

لم يكن هدف العلم اليونانى القديم البحث عن القوانين التى تضبط الظواهر. وكان هدف آرسطو أن يبحث عن علل الظواهر الفيزيائية، لأن العالم ثابت، ومنظم، وفى العالم السفلي، تقع المصادفة فى موقعها الصحيح، لكنها تقع من دون تدقيق. ويربط آرسطو منذ البداية بين المصادفة والضرورة. ولا يفكر فى تخصيص الوقائع، بسبب عمومية مقاربته للعلم. فأيا كانت المقدمات، وسواء أكانت العلة شكلية أم مادية، كان آرسطو يستخلص النتيجة بالضرورة. كان الاستدلال عبارة عن حساب. وفى الاستدلال تحتل العلة الموقع الوسط، أى موضع الحد الأوسط. ففى متن التحليلات الثانية، تمثيلا لا حصرا، يستخلص آرسطو ثلاثة استدلالات من أربعة علل. والعلة هى العلة الأولى *PROTE* التى تختص بالشيء. ولا بد من التفريق بينها وبين العلة الأولى/ المطلقة كما ميزها علم الوجود [٤] .

قام العلم اليونانى على الجواب على سؤال العلة. حاول آرسطو أن يعلل الحركة، ديناميكيا، من خلال عملية تحقيقها. والحركات الطبيعية إما سرعتها مناسبة للمحرك الذى ينتجها ويحافظ عليها، وبالنسبة للأجسام التى تهبط، المحرك ثقيل، والسرعة تناسب عكسيا المسافة المقطوعة. وأما الحركات العنيفة فهى تتمثل فى الصدمة العكسية الممتازة.

وعلى السؤال : مما ينتج الشيء؟ يقوم الجواب على بيان العلة المادية للشيء. وعلى السؤال : ما الشيء؟ يقوم الجواب على بيان العلة الشكلية للشيء. وعلى السؤال : كيف أنتج الشيء؟ يقوم الجواب على بيان العلة الفعالة للشيء. وعلى السؤال : ما غاية إنتاج الشيء؟ يقوم الجواب على بيان العلة الغائية للشيء. معرفة شيء ما، هي، إذن، معرفة علته، معرفة الجواب على سؤال لماذا؟ فالعلة هى المبدأ. من هنا لم يبحث آرسطو عن القوانين التى تربط بين حالة معينة للشيء وحالة أخرى. لم يبحث عن الرابطة الثابتة بين الظواهر. كان آرسطو يرد الشيء لعلته[٥].

فى ضوء ذلك المعنى للعلم، كانت المصادفة فى العلم اليونانى ظاهرة واقعية. أما بالنسبة للمحدثين، فإن المصادفة صارت علامة من علامات الجهل، ونقصان العلم، وحدا من حدود العلم. أما عند آرسطو فقد كانت المصادفة العرضية تضبط العلاقات بين الأجسام فى العالم السفلي. وكانت المصادفة العرضية لا تقبل التنبؤ *IMPREVISIBLE*. وأشار مصطلح *TO AUTOMATON* إلى التلقائية، وغيبة الغائية تماما. وتتعلق

العرضية بالكائنات الواعية، أى بالبشر. ويتكلم آرسطو على الكائنات التى لا تريد. هناك إذن جزء كبير من اللاتحديد، اللاتعيين كانت المصادفة فى العلم اليونانى ظاهرة واقعية. أما بالنسبة للمحدثين، فإن المصادفة صارت علامة من علامات الجهل، ونقصان العلم، وحدا من حدود العلم. أما عند آرسطو فقد كانت المصادفة العرضية تضبط العلاقات بين الأجسام فى العالم السفلي. أما عند آرسطو فقد كانت المصادفة العرضية لا تقبل التنبؤ *IMPREVISIBLE*. وأشار مصطلح *TO AUTOMATON* إلى التلقائية، وغياب الغائية غيابا جوهريا. وأشار مصطلح *TO AUTOMATON* إلى التلقائية، حين أشار إلى الكائنات الواعية : البشر. تكلم آرسطو عن كائنات لا تريد. هناك إذن جزء كبير من اللاتحديد، واللاتعيين *INDETERMINATION* فى الواقع والحقيقة والتصور العلمي.

من هنا فإن أخلاق نيقوماخوس، عند آرسطو، اعتبرت الفضائل كميات، لأنها تحددت بخاصية التساوى واللاتساوي، وذلك لأن كل الفضائل توسطات أو حدود وسطي. وإذن فإن كل الانفعالات ترد إلى حقيقة قابلة للصياغة الكمية، إذ ليست الفضائل إلا حدا أوسطا بين المتساوى أو اللامتساوي، أو الزيادة والنقصان اللذين يتصف بهما متكامل الانفعالات والأفعال، أعنى مادة الحياة الخلقية. بذلك يصبح السلوك الخلقى تسوية للامتساوي. وهى عملية يؤدى فيها العقل العملى دور "التنظير". وذلك ما يؤسس للمقاونة بين الاستدلال العملى والتحليل الرياضي. ولم تكمن مسألة التربيض عند آرسطو فى التعبير الكمى عن الظواهر إنما كمنت فى قصده لجعلها معلومة. وخير مثال لهذا التربيض فى ميدان العلوم الإنسانية هو محاولة التعبير الرياضى عن عدالة التوزيع، والعدل التعويضي، وعدل التبادل. فى عدالة التوزيع، تمثل أطراف النسبة قيم الأشخاص والأموال، وهى كلها قيم تقبل التساوى واللاتساوي، وهى شرط تحديدها كموضوع معلوم ومصوغ صياغة رياضية. وبعد قبول هذه الخصائص، يطبق آرسطو على عدالة التوزيع، كل عمليات نظرية النسب. ويجد العدل التعويضى صياغته فى النسبة العددية. ويعبر آرسطو عن عدل التبادل هندسيا بشكل يسميه التزاوج القطري. "إن هذا التربيض الأرسطي، بالمقارنة مع التعبير الرياضى الحالى، يمتاز بالسذاجة وعدم الدقة، ولكن الفضل يرجع إليه فى كونه يمثل ميزتى كل تعبير رياضى : التحديد الكمى والتحديد الصورى للظاهرة المدروسة. "(٦) .

٤-٢-٢- التعليل الحديث

تم استخدام كلمة " احتمال " نفسها إذن بمدلولات مختلفة عدة كما أن حساب الاحتمال ارتبط بتصور معين للعلم لم يكن واردا عند الأوائل اليونان. غير أن غيبة مثل هذا الفرق يعد مصدرا لاضطراب شديد فى المؤلفات التى تتناول فلسفة العلم، كما فى مناقشات العلماء أنفسهم. وإذا كان صحيحا أن العلم الحديث ليس

وصفا لعلاقتى التوالى والتلازم بين الظواهر أو بين المظاهر المختلفة للوقائع التى تقع فى ظروف وشروط معينة، فإن النظرية العلمية الحديثة ليست تعليلا، ليست صورة من الواقع، إنما هى تنسيق بين ضوابط ظاهرية أو بين القوانين التجريبية. والضرورة الحديثة لم تعد ضرورية تماما إنما صارت تشير كلية القوانين إلى الكلية الواقعية. لم يعد العلم يشير إلى التعليل إنما صار يشير إلى "نوع معين من أنواع الحقيقة". لم يعد العلم تعليلا إنما صار نوعا من الجواب على أسئلة أخرى. صار لا بد من تعليل التعليل، إذا جاز التعبير. لم يعد التعليل هو أساس العلم. وصار القانون العلمى يثير مشكلة التأكيد *CONFIRMATION*.

كان التعليل هو وضع الواقعة الخاصة فى إطار الوقائع العامة أو القانون. من دون قانون لم يكن التعليل ممكنا. وأصبح الآن من الضرورى تعليل المبادئ العامة، والقانون، والتحليل والتركيب. هل العيار هو التناقض مع الخبرة أم هو التوافق معها؟ لم يعد هناك نسق ولم تعد النظريات تقبل النقاش إنما صار الهدف هو الكشف عن المشكلات المحددة وتجاوزها باستمرار إلى غير نهاية وعلى نحو غير محدد سلفا. إنها أطروحة قابلية الكمال إلى النهاية. فى ضوء ذلك صار الاحتمال دراسة توافيقية للوقائع، كما درسه بيار فِرما. لكن التحليل التوافيقى لم يكن التحليلى الوحيد للاحتمال.

والتعليل كلمة ملتبسة تمام الالتباس. وتطورت العلاقة بين إنتاج المدلول والتعليل من جهة، وبين التعليل والفهم من جهة أخرى. ومن الناحية التاريخية، تعددت مدلولات الهرمنيوطيقا بوصفها نظرية فى التعليل تعدد المدلول المنهجى (التفسير المنهجي) والنقدى (التفسير النقدي) والأنطولوجى (التفسير الوجودي) والنفسى (التفسير النفسي). وليس من شك فى أن رشدى راشد يقتصر على البعدين المنهجى والنقدى فى تحليل التعليل الشرطى وحساب الاحتمال.

٤-٢-٣- التعليل الجبري

العلم، كما رأينا بالتفصيل فيما قبل من أبواب وفصول، من حيث التجربة والتطبيق، لم يولد فى القرن السابع عشر. وإذا نظرنا إلى من صاغوا العلم فى القرن السابع عشر الميلادي، ندرك أنهم لم يعبئوا بتعليل الوقائع وأنهم استندوا إلى تجارب لم يقوموا بها قط كما فى تجربة برج بيزا بإيطاليا وأنهم لم يجربوا أشياء صارت فيما بعد خبرات قاطعة وأن تجاربهم وخبراتهم كانت ذهنية وحسب.

كان رنيه ديكارت، فى القرن السابع عشر، يطمح إلى صوغ علم محض وكان، تبعا لذلك، يرفض الخبرة حين كانت تتعارض مع الميتافيزيقا بل كان يستقى تركيبة العالم من فكرة الله الفطرية فينا[٧]. هناك إذن طريقتان :

١- التعليل القَبْلى المسبق : استعراض علل المعلولات وتكوينها الحقيقي؛

٢- البرهان البَعْدى : الخبرة وحدها تبرهن على أن هذه العلة أو تلك تتوافق أم لا مع هذا الواقع أو ذاك : البرهان العلى(٨).

كان نموذج التعليل عند رنيه ديكارت هو علم الجبر. وفى كتابه عن " القواعد لهداية الروح"(٩) تخضع للنموذج العام فى التعليل. وينقسم مجال المعرفة إلى "قضايا بسيطة"، من جهة، وإلى "مسائل"، من جهة أخرى. فرق رنيه ديكارت بين المسائل المفهومة تماما، وبين المسائل غير المفهومة تماما. والمسائل تكون مفهومة تماما حتى إذا كان حلها مجهولا. ولم يكن هذا التفريق لدى ديكارت ثمرة المصادفة. فهدف التفريق هو أن لا يفترض معرفة اللاحق إنما هدفه هو توجيهنا باتجاه التطبيقات. وتنقسم المسائل المفهومة تماما إلى ثلاثة عناصر : ١- تخصيص المجهول موضع البحث. وهو أساس معنى البحث. وهو من عمل الفيزيائي. والفيزياء أيسر من الرياضيات. لكن الفيزياء رياضية من جهة جوهرها؛ تحديد علامات المجهول بوصفها أساس التركيب الاستنباطى بين هذه الخبرات (١) وبين المبادئ القبْلية؛ كيفية البرهان على التبعية المتبادلة بين المجهول وعنصر الحل : المعلوم بوصفه أساس البحث عن المجهول. من هنا تبدو خطة البحث جبرية. والمسائل النوعية هذه أغلبها مجرد، ولا محل لها إلا فى الحساب والهندسة(١٠). مع ذلك طرح رنيه ديكارت مسألة تطبيق الرياضيات. فالمسائل الخاصة التى تتعلق بالتعليل الفيزيائى تتلخص فيما يلى : كيف بالإمكان إقامة تعليل تجريبى وقبلى فى آن ؟ ما نوع الحقيقة الذى نستخلصه من التعليلات الفيزيائية، وفقا للفروض الوسيطة؟ فالتفاوت بين عموم المبادئ القبلية وبين التنوع الظاهرى الواضح يجعل التركيب أو التعليل، فى الفيزياء، مستحيلا، إلا إذا عدنا إلى بعض الفروض أو النماذج الإجرائية المكملة، التى وإن وافقت القواعد والمبادئ، تبقى نوعا من الفروض أو الافتراضات، ولا تصل إلى مرتبة الحقائق القبلية. الفروض الوسيطة أوالافتراضات(١١) التى كان اسحق نيوتن ينتقدها فى كتابه عن "المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية"، من منطلق أن الخطأ فى الفيزياء يقوم على استخدام تلك الفروض، ولذلك لا بد أن يتم التعليل فى الفيزياء بالأسلوب الرياضى وحده. ويقوم العلم التام على معرفة المعلولات من خلال عللها (١٢). والتعليل الصحيح هو ذلك التعليل الذى نتخيل فيه العلل وهى تنتج المعلولات المشابهة للمعلولات المشاهدة (١٣). فالعلية الحديثة هى الخطة التصورية أو الصياغة النظرية لتصور معين، ولا تحيل إلى أى من الجواهر المعينة، كما كان عند آرسطو. وقد تكون فروض الفيزياء زائفة. والعلل المتخيلة على ذلك النحو -الفروض الوسيطة- ليست العلل الحقيقية. مع ذلك فالفروض الوسيطة ليست فروضا وصفية. وعلل معلولات الأجسام الطبيعية أصغر، بوجه عام، من أن ندرها إدراكا حسيا. ولا تقوم الفروض على علل مرئية للعين المجردة.

٤-٣- ترييض الفيزياء

لم تكن الخبرة التى استند إليها جاليليوسوى خبرة خيالية، فكرية، كما عبر ماخ. وأعاد جاليليو صياغة الفيزياء رياضيا، حيث لعبت الرياضيات دورا تكوينيا، لا يقتصر على مجرد الوصف، بل يتوافق مع موضوع البحث الفيزيائى نفسه. ومعيار بساطة الطبيعة هو المعيار الذى يوحد بين خبرات الفكر والرياضيات، وبين الطبيعة والعقل البشري. من هنا فالتعليل عند جاليليو يقوم على الترابط العقلي–الرياضى البسيط.

لم يعد جاليليو يحيل إلى تكوين الأجسام، وعاد لا يلجأ إلى مصطلح "الجسم الثقيل"، واستقل بدراسة الحركة. أما آرسطو فقد كان يرى فى الحركة تحقيقا لجوهر أو لشكل، لذلك فقد كانت الحركة مقترنة عنده بتصور معين للوجود (*ONTOLOGIE*). كانت الحركة تغيرا أو فعلا لكائن قائم بالقوة بوصفه قائما بالقوة لا بالفعل. أما جاليليو فقد فرق بين تصور الحركة وتصور الوجود، وتصور اتصال نمو السرعة، من دون القطع قطعا مطلقا بين الحركة والسكون. فى حين كان آرسطو يفصل بين الفعل والقوة فصلا تاما. ويشبه التعريف اليونانى القديم للسرعة التعريف الحديث للسرعة المتوسطة : المسافة المقطوعة كزمن مستغرق. وأما جاليليو فقد عرف السرعة طبقا للنسبة التالية : : نمو المسافة المقطوعة ض زمن متاح لتحقيق هذا النمو. والاكتشاف الحديث هو أن الحركة تدل عليها لا السرعة المتوسطة إنما تغير السرعة المتوسطة فى الزمن. وبعد ترييض تصور السرعة استخلص الفيزيائى تصور التسارع بوجه تلقائي. من هنا فقد عرف جاليليو الحركة وفقا للسرعة. من هنا صارت الحركة حالة قد تحافظ على نفسها إلى غير نهاية. بعبارة أخرى، كانت الحركة عند آرسطو عملية وصارت عند جاليليو حالة متحررة من الوظيفة الوجودية الآرسطية القديمة :

السرعة فى الزمان

$V = E / T$:

E هى المسافة المقطوعة

السرعة المتوسطة : $Vm = (e_2 - e_1) / (t_2 - t_1)$

السرعة الآنية : $v_2 \lim \Delta e / \Delta t$ حيث $\Delta t - 0$ حيث $\lim \Delta e / \Delta t$

ولم يكن جاليليو يملك حساب التفاضل لكى يعبر عن عمل V_2 بل كان يملك الهندسة أى نظرية التناسبات، V_2 هو الموضوع شبه الفيزيائى الذى يقبل درجات الكثافة، V_2 هى كمية الكثافة. وفرق علماء أكسفورد وباريس الحركات على النحو التالى:

١-الحركة الموحدة ؛

٢-الحركة غير المنتظمة؛

٣-الحركة غير الموحدة.

ودراسة تحول السرعة فى الزمان عند جاليليو أدى إلى التفريق بين الحركة والسرعة، والسرعة بوصفها دالة متصلة للزمان. وأسس جاليليو لعلم الحركة فى الأزمنة كلها وبشكل مستقل عن القوي، أما دراسة القوى فهو موضوع الديناميكا. أما تصور آرسطو الأساس فهو تصور التغير، والحركة تمثل نوعا خاصا من أنواع التغير، والحركة الموضعية هى الرابطة بين المحرك والمتحرك.

١- تعريف الحركة الموحدة من خلال $V(t)$ دالة جبرية تمثل تحولات سرعة V تبعا للزمن t، وحيث t هى لحظات متنوعة، وV قيم السرعة المختلفة :

٢- سرعة الحركة المتوسطة لا تتغير فى أثناء الزمن، وبالتالى فهى تحتفظ بقيمة عددية ثابتة $V0$

٣- المسافة التى يقطعها محرك بين لحظتين منفصلتين بفترة من الوقت :

$$: t = v_0 \, (t_1 t_2)$$

هى إذن تعدل عدديا مساحة، ووفقا للتعريف، عند جاليليو، تتساوى المسافات المقطوعة فى أثناء الفترات الزمنية t مساواة ما، فيما بينها.

٤- حالة الحركة غير الموحدة ؛

٥- حالة الحركة الموحدة بسرعة معينة .

ويتوافق، كما أسلفنا من قبل، التعريف القديم للسرعة مع التعريف الحديث للسرعة المتوسطة : المسافة المقطوعة / زمان السير. أما جاليليو فالعلاقة عنده على النحو التالى:

نمو المسافة المقطوعة / زمان ضرورى لتحقيق النمو. والكشف هو أن الحركة لا تشير إليها السرعة المتوسطة إنما التحول لهذه السرعة فى أثناء الزمان. وبعد ترييض تصور السرعة، يصبح ترييض تصور التسارع ممكنا.

٤-٤- الشك فى التعليل

والخلفية التاريخية فى الشك الحديث عن التعليل هو ديفيد هيوم *D. HUME*، الذى بين أنه ليس هناك رابطة بين الحدثين أ وب بحيث يشتق ب من أ بالضرورة. هذه الرابطة الضرورية غير ممكنة لأن المعلول قد لا يتبع العلة، ولأن حدثا معزولا لا يكون بحكم عزلته علة ولا معلولا. كان ديفيد هيوم هو الأصل فى تعليل التشخيص العلى. يقوم التشخيص العلى على الربط بين الواقعة موضع الفحص، بوقائع أخرى، بواسطة مبادئ عامة نستخلصها من الخبرة، وإن كانت لا تقبل البرهان من طريق الخبرة. وقد رفض هيوم الرابطة "الضرورية" بين الوقائع والحالات والحوادث. وليس بإمكان الاستقراء أن يصل بين الحالات التى تسجلها الخبرة والملاحظة وبين الحالات التى نتوقعها. وليس بالإمكان تعليل واقعة معينة تعليلا ضروريا بالاستناد إلى العلاقة بين الوقائع. فحجة ديفيد هيوم فى الشك هى خلفية الاستدلال الاستقرائي. وهى الحجة التى تقول بأنه ليست هناك واقعة ما بالإمكان تعليلها بواقعة أخرى. لا تشتق واقعة ما اشتقاقا ضروريا من واقعة أخرى. تختلف الواقعة عن العلة من جهة تجاورهما فى المكان والزمان، وحين تسبق العلة الواقعة، وحين يثبت الاتحاد بينهما. فهذا الاتحاد هو أساس العلاقة بينهما. أما مبدأ أن العلة نفسها تعلل الواقعة نفسها والعكس بالعكس، فإنه مبدأ نستخلصه من الخبرة لا من العقل وحده، وهو نبع أغلب قياساتنا العقلية. وإذا أنتجت موضوعات مختلفة الواقعة نفسها، فإن ذلك لا بد أن يستند إلى صفة نجد أنها مشتركة. والفرق بين وقائع موضوعين متشابهين لا بد أن ينبع من محتوى اختلافهما نفسه. وحين يصعد موضوع من الموضوعات أو يهبط مع صعود وهبوط العلة، فإنه يكون، فى هذه الحال، موضوعا مركبا، يشتق من اتحاد وقائع مختلفة تصدر كل منها عن جزء مختلف من العلة. وإذا إن وجد موضوع من الموضوعات بعض الوقت بتمامه من دون أن ينتج واقعة، فإنه ليس العلة الوحيدة لذلك الموضوع.

هناك إذن فرق بين الواقعة وعلتها. من هنا فتجريبية ديفيد هيوم لم تكن حسية. فالحسية نظرية لا تقبل إلا المعطيات القادمة من الحواس الخارجية. أما هيوم فيلجأ إلى الحواس الخارجية والداخلية معا. ومن دونها جميعا، ليس بالإمكان تفسير جذر الصلة العلية.

من مكاسب نظرية ديفيد هيوم العملية إذن هى :

١- أن العلاقة العلية ليست علاقة فكرية؛

٢- أن الاستدلال العلى يختلف عن الاستدلال الاستنباطي؛

٣- لا تضمن الخبرة الخارجية مثل هذا الاستدلال.

فالعلة لا تحمل بداخلها الواقعة بوصفها حدا داخليا كما أن العلاقة العلية ليست علاقة تحليلية. وانتهى هيوم إلى أن القضايا كلها التى تدور حول العالم الطبيعى احتمالية لايقينية، ولا يقين إلا إذا كانت القضية تقوم على تحليل العلاقة بين فكرة وفكرة أخرى .. ولو حكمت على خبرة المستقبل بما حكمت به على خبرة الماضي، لكان ذلك على سبيل الاحتمال لا اليقين. وذهب هيوم إلى أن درجات الإثبات ثلاث:

١- اليقين المنطقى ؛

٢- درجة الاحتمال البرهانى ؛

٣- درجة الاحتمال الافتراضي.

والانتقال من الاحتمال الافتراضى إلى الاحتمال البرهانى إنما يخطو خطوتين متدرجتين :

١- احتمال المصادفات ؛

٢- التعليل الاحتمالى : الأسباب المحتملة.

والمقصود باحتمال المصادفات أنه احتمال يتعلق بالحوادث ووقوعها حين تقع الحادثة بغير سبب معلوم، وحين يكون هنالك أكثر من سبيل واحد لمجرى الحوادث، كلها سواء فى إمكان الوقوع. هذه الاحتمالات المتساوية من حيث توقع حدوثها، تأخذ فى التفاوت (من الوجهة النفسية لا من الوجهة المنطقية) حين يزيد عدد الفرص فى ناحية عنه فى ناحية أخرى.

يقول ديفيد هيوم بأن الاحتمال ينشأ من سيطرة المصادفات من أى جانب، ومن هنا، فعندما تزيد هذه السيطرة وتجاوز المصادفات العكسية، فإن الاحتمال يزيد زيادة متناسبة، وينجم عنه درجة عالية من الاعتقاد أو القبول لهذا الجانب الذى يكتنف هذه السيادة. وإذا ما وضعنا علامة فى زهر، ولتكن شكلا أو عددا من النقاط على الجوانب الأربعة، وشكلا آخر أو عددا من النقاط الأخرى على الجانبين، سيكون احتمال ظهور

الأشكال الأولى أكثر من الأخرى، وإذا وضعت العلامة لألف جانب بنفس الوسيلة، وكان جانب واحد فقط مختلفا، فمكن أن يكون الاحتمال عاليا جدا، واعتقادنا أو توقعنا للحدث يكون أكثر ثباتا.

أما التعليل الاحتمالى فهو هذه الحالة نفسها. فهناك بعض الأسباب التى تنتظم تماما مع نتيجة خاصة، وليس هناك مثال واحد لأى سقوط أو عدم انتظام فى عملياتها. فالنار دائما تحرق، والماء تخنق كل مخلوق بشري، وإنتاج الحركة بالدفع والجاذبية قانون كلي، ولا يسمح بأى استثناء. ولكن هناك أسبابا أخرى بلا انتظام كبير، ولا تعيين، فليس دائما الراوند دواء مسهلا، أو الخشخاش منوما لكل شخص يتعاطى مثل هذه الأدوية. وعندما يفشل أى سبب فى إنتاج أثره المعتاد، فإن الفلاسفة لا يعزون ذلك إلى عدم انتظام الطبيعة ولكن يفترضون أسبابا مجهولة فى أجزاء من أبنية معينة، تحدث العملية.

فإن التعليل الاحتمالى، هو الذى يحكم به الإنسان بناء على اطرادات سابقة وقعت الحوادث على نسقها، فكلما اطرد وقوع الحوادث التى من نوع معين على نسق معين، تكونت لدى الإنسان "عادة" تميل به إلى توقع نفس هذا الاطراد من جديد، ولما كانت " العادة" تزداد مع التكرار رسوخا وثباتا، فإن الإنسان كلما ازداد مشاهدة للوقوع الطرد لحادثة معينة على نسق معين، ازداد مع التكرار يقينا بأن الحادثة ستقع على نفس الاطراد فى المستقبل كما حدث لها فى الماضي، وبذلك ينتقل الإنسان بحكمه من مرحلة التخمين الدنيا إلى مرحلة أعلى من مراحل الاحتمال، وهى ما أطلق عليه اسم " الاحتمال البرهاني. والواضح من فهم هيوم للاحتمال هو الجهل بالأسباب، فالجهل بالأسباب هو المسؤول عن هذه الدرجة الدنيا من المعرفة. إذن لا بد من البحث عن شيء آخر. ما الشيء الآخر؟

الشيء الآخر، هو المبادئ العامة. فهذه المبادئ العامة هى النتيجة المنطقية لأطروحة هيوم. مع ذلك فإن تلك الأطروحة تثير المشكلات قبل أن تحلها. لم يستخلص هيوم سوى خبرة الرابطة الثابتة وليس المبادئ العامة. وبدل التحليلى العلى والقوة الفعالة قرر بعضهم شروط ربط واقعة بأخرى، ومن ثم بحث عن الخبرة من دون أن يؤسسها، فهى لا تقبل النقاش. وأما هيوم فقد رفض التفسير العلى لصالح الاستدلالات التلقائية ونظرية الاستدلالات والطبيعة الإنسانية.

الفطرى البدائى لا ينسخ أى انطباع سابق، والانطباع فطري، أما الفكرة فليست فطرية. مبادئ ترابط الأفكار الثلاثة هى علاقة التشابه؛ وعلاقة التجاور؛ وعلاقة العلية. قسم مجموع موضوعات العقل الإنسانى إلى قسمين. أما القسم الأول فهو قسم علاقات الأفكار، الهندسة، الجبر، الحساب، حيث كل توكيد إما حدسى أو يقينى برهانيا. أما علاقات الوقائع فبداهتها، بداهة حقيقتها، مهما بلغت، ليست كبداهة العلاقة الفكرية، كما أن نقيض واقعة ما دوما ممكن : فهو لا يتضمن التناقض. أولا، علاقة فلسفية تقارن بين فكرتين. العلة عبارة عن

موضوع سابق ومجاور لموضوع آخر بحيث أن الموضوعات الخاصة كلها التى تتشابه مع الموضوع الأول تقع ضمن علاقات متشابهة من السبق والتجاور بالنسبة إلى الموضوعات التى تتعلق بالموضوع الأول. أما العلاقة الطبيعية فهى علاقة ترابطية بين الأفكار. وانطلق إ. شفللر، فى تشريح العلم، تمثيلا لا حصرا، من النموذج التفسيرى الطبي، أى أنه انطلق من التشخيص العلى للأحداث-الأمراض، للحالات المرضية أو الوقائع المريضة. وهو من جهة أخرى، انطلق من العلية الآرسطية حيث كان آرسطو يقول بأن معرفة الشيء هى معرفة علتها. التعليل، إذن، هو تحليل مسلمات حدث بعينه.

أما التعليل الزمنى فهو تعليل ملتبس كذلك، لأن الخبرات الزمنية، إما أنها تؤيد النظرية، فتقدم تعليلا، إما أنها تكذب النظرية، فتعجز عن تعليل أى شيء. ومن ثم فمعيار التعليل بالتوافى مع خبرات الزمن لا يعلل شيئا، حصرا. فى العلم الحديث، الرابطة الثابتة *INVARIABLE* موحدة، بمعنى أنه فى كل مرة يظهر الحدث أ يظهر الحدث ب على التو إلى، ف أ علة ب، وب معلول أ، وأ هى الشرط الضرورى والكافى لظهور المعلول ب، بعبارة أخرى، إذا ظهر المعلول، فإن ذلك الظهور عائد إلى الظهور الضرورى والسابق ل أ، والعكس بالعكس، إذا ظهر أ، يكفى أن يظهر ب، فالعلة أ هى مجموعة الشروط.

وتقوم بين العلة والمعلول علاقة تجاور فى المكان، ف ب هى نهاية عملية بدأت فى النقطة أ : إنه انتشار التأثير:

C ---------/---------- E

التأثير فى استقبال الأجسام كلها.

تنخفض E مع المسافة، إذن، المعلول E ينخفض مع العلة C.

فى المسافة الزمنية، تسبق العلل المعلولات وتتجاور، أو تتصل العلة أ والمعلول ب، أو يظهر اللاتناظر بين أ وب : - $BRA \neq ARB$

صار القانون العلى نوعا خاصا من قانون التلازم *CON-COMITANCE* الثابت لا صنفا متفردا من قانون العلة. نظام الألوان، تمثيلا لا حصرا، لا يتوالى ولا يعلل. نظام التعاقب ثابت من دون أن يعلل. وفى الأحياء، تشكل الصدور بعد تشكل نظام التنفس. إذا ظهرت أ فى اللحظة ب وبها الخاصية P، فإن Q تظهر فى اللحظة Tص، لكن من دون رابطة علية، لأن قانون النمو يقول عبارات ضرورية لكن غير كافية، والتعاقب فى القانون ينطبق على الأحداث المنفصلة فى الزمان، مع أن القانون العلى ينطبق على الأحداث المتجاورة فى الزمان. وفى الفيزياء، تعريف وظيفى بين الكميات، حيث Y دالة قيمة X فى تحول X، وZ دالة

تحول *Y*، وفى الكيمياء أمثلة الضغط الجوي، وقانون بويل ماريوت، وغيرها من الأمثلة الدالة على حدود القانون العلى فى العلم.

أما شليك *SCHLICK* فقد كان يرى فى القانون العلمى قاعدة للاستدلال فوق المنطقي، طبقا للشروط المبدئية الموضوعة. وتؤدى قواعد الاستدلال إلى افتراض التنبؤ من دون التعليل ومن دون التصور الأدائى للعلم. ويقود ذلك التصور كذلك إلى التفريق بين العلم والميتافيزيقا. أما التعليل فهو يعدل التنبؤ الممكن معادلة بنيوية، فى التصور الوضعى التجريبى للعلم. وأما أطروحة كارل بوبر فهى تقول بالكشف عن تنبؤ عكسى ممكن للنظريات العلمية، مما يفرق بين العلم والميتافيزيقا. فالميتافيزيقا لا تقبل التنبؤ العكسى الممكن.

٤-٥- الاحتمال فى القرن السابع عشر

٤-٥-١- عصر النهضة

بدأ يظهر فى ما سمى باسم عصر النهضة المبكر نوع من التأمين التجارى ضد المخاطر فى المدن الإيطالية. ومن هنا نشأت بذور نظرية الاحتمال فى القرن السابع عشر. والتفت جون جراونت *John Graunt* لمشكلة ثبات السلسلة الإحصائية التى حصل عليها من سجل الوفيات. وبعد ذلك بقليل بين عالم الفلك ادموند هالى *Edmund Halley (1656 - 1742)* كيفية الإحصاء السنوى لجداول الوفيات كما احتل موضوع الشهادة القضائية مكانا بارزا فى الاحتمال الرياضى فى منتصف القرن التاسع عشر. ونجح العلماء نجاحا نسبيا فى حل المشكلات الرياضية التى تعلقت بألعاب الحظ، ومن هؤلاء نقدر أن نذكر الراهب وعالم الرياضيات الإيطالى لوقا باتشيولى *PACIOLI Luca (1445-1517)* وكتابيه *Summa de arithmetica, geometrica, proportioni et proportionalita* "مجموع الحساب والهندسة والتناسب والتناسبية" (١٤٩٤) و *De divina proportione* "التناسبات الإلهية" (١٥٠٩). ودرس لوقا باتشيولى الحساب وحلول المعادلات. واستعاد فيبوناتشى *FIBONNACCI*. واستعمل علمه بوجه خاص التجار فى عصر صعود التجارة. وإسهامه الرئيس يتعلق بتبسيط بعض الكتابات *NOTATIONS*،

$$\sqrt{50-\sqrt{120}}$$

وتكتب عند لوقا باتشيولى على النحو التالى:

RU 50 m˜R120

حيث *R* تشير إلى الجذر التربيعي، و *U* فى *RU* إلى الجذر التربيعى الذى يستوعب ما يتلوه كله.

ومن هؤلاء العلماء نذكر أيضا ج. ف. كاردانو *G. F. CARDANO*، وجيرو لاموكاردان *J. Cardan (1501-1576)* الذى نشر، قبل بيار فرما وبليز بسكال، كتابا عن الاحتمال. ونذكر أخيرا، وليس آخر، نقولا تارتاجليا *N.Tartaglia (1499-1557)*

٤-٥-٢- هندسة المصادفة

قال بليز باسكال *B. PASCAL (1623 - 1662)* عن الاحتمال [١٤] إن بالإمكان أن يضعه أى منا، ولا يمكن لأى منا أن يستبعده [١٥] . فى عبارة أخرى قال إن اندفاع القديسين للبحث عن الحقيقة كان اندفاعا من دون جدوى إذا كان الاحتمال يقينيا. خوف القديسين الذين تطلعوا دوما للأكثر يقينا[١٦]. وقال : "استبعد الاحتمال، ولن يرضى عنك العالم. ضع الاحتمال لن يمكن العالم أن لا يرضى عنك[١٧].

ومن المعروف عن بليز بسكال أن الفارس دى ميريه وداميان ميتون وضعا له فى صيف عام ١٦٥٤ سؤالين عن ألعاب الحظ [١٨] وعلى حين استخدم فرما منهج التوافيق، استخدم بسكال منهج الترداد كما سنوضح، فى حل مشكلات الاحتمال. قامت المشكلة الأولى عن لعبة الزهر : لنفرض أننا نلعب بالزهر. كم هو عدد الرميات التى يستطيع الإنسان بعدها أن يأمل أملا معقولا فى مجىء عددى الستة معا ؟ وأدى حل بسكال للمشكلة الثانية، إلى الكشف عن نواة حساب الاحتمالات. وتلك المشكلة تتعلق بألعاب الحظ بعامة، ويمكن التعبير عنها كما يأتى : إذا أوقف اللاعبان لعبهما مختارين قبل نهاية الدور، وبحثا فى تقسيم عادل لما جاء به الحظ لكل منهما، فما نصيب كل منهما تبعا لاحتمال كسبه للدور فى ذلك الوقت ؟

وقد نجح " بسكال" فى حل المشكلة، وذلك بتجزئتها إلى عدة مراحل، وبإرجاع الحالات الممكنة إلى أبسط المواقف. وقد وصل فى حله هذا إلى اكتشاف طريقتين من طرق حساب الاحتمالات، واكتشف ثالثهما بيار فرما *Pierre Fermat* [١٩]، الذى راسله باسكال فى ذلك الوقت. ولقد درس فرما هذه المشكلات من خلال النظرية العامة للتوافيق. كانت معظم تطبيقات الاحتمال خلال هذه الفترة الكلاسيكية على ألعاب الحظ، مثل لعبة الزهر، والكروت، والروليت. وفى الواقع، استمدت النظرية أصولها من أن بعض المقامرين، فى ذلك الوقت قد سألوا بيار فرما *Pierre Fermat*، ورياضيين آخرين أن يحسبوا لهم الاحتمالات الدقيقة التى تتضمنها ألعاب معينة من ألعاب الحظ. وهكذا بدأت النظرية من مشكلات عينية، ولم تبدأ من نظرية رياضية عامة. ولقد استغرب الرياضيون الإجابة عن مثل هذه التساؤلات. إذ أن هذا النوع من الرياضيات لم يكن منتشرا حتى يتسنى تغطية مثل هذه الإجابات، ولذلك طوروا نظرية التوافيق التى تمكنوا حينئذ من تطبيقها على مشكلات الاحتمال.

ولقد ورث هيويجانز *Huygens (1629-1695)* هذا التقليد عن بليز باسكال وبيار فرما وأسهم فى تطويره فى رسالته عن *De ratiociniis in ludo aleae* أو"حساب لعبة الاحتمال" (١٦٧٣). وأدخل "الأمل الرياضي" وحل مسائل الاحتمال السائدة فى ذلك الوقت. وممن اهتموا بحساب الاحتمالات جوتفريد فيلهلم ليبنتز. فى تصوره للعالم العرضى *a contingentia mundi* فى كتابه الإلهيات الفقرة ٧، حيث قال إن الله هو العلة الأولى للأشياء لأن الأشياء المحدودة كما كل ما نراه ونجربه، إنما هى أشياء محتملة ولا تحمل بداخلها علة وجودها. ومن ثم لا بد من البحث عن السبب أو علة وجود العالم، لأنه لا يحمل بداخل تصوره نفسه علة وجوده. ولا بد من البحث عنها فى الجوهر بألف لام التعريف الذى يحمل بداخله سبب وجوده ووجود العالم المحتمل وكأنه علة ذاتية *causa sui*. فالجوهر خالد لأنه ليس بإمكانه أن يبدأ فى الوجود وبالتالى فهو واجب الوجود. ليبنتز يقول إنه يوجد كائن وحيد، واجب الوجود[٢٠].

وكان مناطقة بور رويال *Port Royal (1662)* يتعاملون مع منطق الاحتمال فى شكله الحديث. فلكى أحكم على حقيقة حدث، وأحدده حتى أقوم بالاعتقاد به، أو عدم الاعتقاد به، فليس من الضرورى أن أجعله مجردا، ولكن من الضرورى أن أوجه الاهتمام إلى جميع الظروف التى تصحبه، الداخلية منها والخارجية، وأسمى الأحوال الداخلية، أنها تلك التى تختص بالحقيقة فى ذاتها والخارجية هى تلك التى تختص بالأشخاص الذين يقومون بالبرهان عليها، فنتبعهم فى الاعتقاد بها. ويتم هذا إذا كانت هذه الأحوال لا تحدث، أو تحدث فى النادر وهى دائما مصاحبة للكذب. وتابع لوك مناطقه بور رويال، فقد أشار إلى الاحتمال بوصفه :

أولا : ظهورا لموافقة براهين تقبل الخطأ. فالإثبات هو بيان توافق أو عدم توافق فكرتين من طريق تداخل علامة أو أكثر، تكون له صفة الثبات، وعدم التغير، وربط الواحد بالآخر. ولذلك فالاحتمال عبارة عن توافيق علامات مرتبطة رباطا متغيرا، لكنه يظهر الجزء الغالب منه، وهو غير كاف ليتولى به العقل فى الحكم على عبارة ما، بالصدق أو الكذب؛

ثانيا : الاحتمال أساس الرغبة فى المعرفة ؛

ثالثا : ترجيح الصدق.

فإن كل دلالة لكلمة ما، تشير إلى موضوع ومحمول، لها من الحجج التى تجعلها تصل إلى الحقيقة وقبول العقل لهذا النوع من الجمل التى إما أن تكون اعتقادا أو مصادفة أو رأياً يسمح بكونها صادقة، فهى قائمة على حجج أو براهين تدفعنا لأن نقبلها على أنها صادقة، دون معرفة مؤكدة بأنها كذلك. ويقع هنا الاختلاف بين الاحتمال والتأكيد. لأنه فى كل أجزاء المعرفة يوجد حدس.

ويرجع الاحتمال إلى مصدرين:

الأول : المطابقة لأى شيء مع معارفنا وملاحظاتنا وتجاربنا؛

الثانى : الاستشهاد بالأشياء الأخرى. ويراعى فى الاستشهاد بالأشياء الأخرى : العدد، والنزاهة، ومهارة المشاهدة، وتماسك الأجزاء والظروف بالنسبة للعلاقة، وأخيرا تضاد الدلائل مع بعضها. نظر "جون لوك" إلى الاحتمال بوصفه قصورا فى الملاحظة الدقيقة، وعدم إمعان الفكر فى الأشياء الملاحظة، أو أنه جهل بعلل الظواهر.

٤-٦- الاحتمال فى القرن الثامن عشر

ظهرت أول نظرية علمية فى الاحتمال فى العصر الحديث – وتسمى الآن عادة " بالنظرية الكلاسيكية "– خلال القرن الثامن عشر الميلادى . ومع تطور العلم زادت أهمية القضايا الاحتمالية فى مجال العلوم الاجتماعية. فقد صار الاحتمال الإحصائى ضروريا فى المجالات المجهولة وبخاصة فى مجال العلوم الاجتماعية. وعليه فقد بات من الضرورى بالنسبة للعلم أن يستعين بنظريات الاحتمال. ولقد قام بتطوير هذه النظريات جماعة من الإحصائيين، كما عُنى بتطويرها ميزس ورايشنباخ. لكن انطلق رشدى راشد فى نظرية الاحتمال، من عمل الفيلسوف الفرنسى المعاصر جيل جاستون جرونجيه *GRANGER Gilles-Gaston* [٢١] الذى لعب دورا مهما فى إرساء أسس الرياضيات الاجتماعية فى تقديم نظرية العلوم المقارنة، من جهة مقارنة الإجراءات والإستراتيجيات التى يتوسل بها الفكر العقلى الشكلى فى مختلف مجالات العلوم الإنسانية الحديثة. كذلك رفض فكرة الثورة الكوبرنيكية وقال بالثورة البطلمية، وبحث فى شروط إمكان العلوم الإنسانية بعيدا عن التقيد التام بنموذج العلوم الدقيقة -نموذج المرتبة الواحدة- لكن من دون الوقوع فى التأويل الإنسانية. أخيرا ركز على الاقتصاد السياسى وعلاقة الرياضيات بالعلوم الاجتماعية عند كوندورسيه.

كان الطموح إلى تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية، لكى تصبح العلوم الاجتماعية علوما بالمعنى الحديث للاصطلاح، طموحا متناقضا[٢٢]. فقد سبق أن عبر سان سيمون وأُجست كومنت عن استحالة مشروع كوندورسيه الرائد فى ميدان الرياضيات الاجتماعية. فكوندورسيه هو الذى نحت مصطلح "الرياضيات الاجتماعية" ولم يقتصر على إدخال "القياس" فى العلوم الاجتماعية إنما تجاوز ذلك إلى تصميم مشروع علم اجتماعى رياضى.

أراد كوندورسيه أن تكتسب العلوم الاجتماعية الثقة التى اكتسبتها من قبلها العلوم المستقرة. ونبعت رغبته هذه ورغبة دالومبير بخاصة ورغبة فلاسفة التنوير الفرنسى بعامة من التسليم المسبق بفكرة "وحدة المعرفة".

وقد أقام هذه الوحدة على أساس من "النماذج النظرية" العلمية المحددة لا على مجرد اعتبارات فلسفية عامة. ومن هذه النماذج النظرية التى استقاها من تاريخ العلوم النماذج التالية :

١- تطبيق علم رياضى على علم رياضى آخر مثل تطبيق الجبر على الهندسة، وتطبيق حساب الاحتمال على التحليل وتطبيق التحليل على حساب الاحتمال وتطبيق الرياضيات على الفيزياء. وكان دالومبير يتكلم على العلوم "الفيزيائية-الرياضية". وكان علماء الرياضيات تجريبيين. وكانوا يريدون أن تصبح الفيزياء رياضية وتجريبية فى آن معا كما أرادوا أن يصلوا بين القضايا الرياضية والقضايا التجريبية. أما بوفون *BUFFON* فقد قصر التطبيق الرياضى على الفلك والمناظر والميكانيكا العقلية، أى على علوم كانت رياضية سلفا. أما كوندورسيه فقد رأى أن التوافيق المتنوعة بين العناصر نفسها ليست شيئا واحدا؛

٢- الدور المنظم لهذه التطبيقات وقدرتها على توحيد المعرفة من جهة كونها أداة الكشف والعرض معا؛

٣- الجبر أو المنهج التحليلى أو منهج الاختراع أو منهج التوافيق هو البحث بين التوافيق كلها، عن التوفيق الأقرب إلى معرفة الموضوع موضع البحث : التوافيق المتنوعة بين الأفكار نفسها والفكرة الأكثر تجريدا حيث يتكرر التجريد هو فن ترتيب المجردات أو فن حل المسائل، والرياضيات هى الجزء المجرد فى فن التوافيق؛

٤- يدرك الحدْس، عند كوندورسيه وجون لوك، اليقين النسبى للاحتمال، فى مقابل بداهة الميتافيزيقا اليقينية التامة والرياضيات الخالصة.

وليس بإمكان القضايا القادمة من الوقائع سوى أن تكون موضع معرفة احتمالية. وموقف العلم التجريبى هذا هو أساس صعوبة تحليله. واقع الأمر أن المعرفة البنائية احتمالية بالضرورة، وذلك سواء أكانت رياضية خالصة أو تجريبية. وهذا هو أساس الاحتمالية الشاملة فى فلسفة المعرفة عند كوندورسيه. من هنا فالعلوم الاجتماعية تكتسب الثقة نفسها التى لدى العلوم التجريبية الأخرى مثل الفيزياء. فمن الجهة النظرية، الملاحظة واحدة فى العلوم التجريبية كافة، عدا أن الباحث الاجتماعى فى العلوم الاجتماعية يمثل جزءا من الظاهرة المدروسة : المجتمع. لذلك يفرق كوندورسيه بين نوعين من الاحتمال : الاحتمال الفيزيائي، والاحتمال الشرطي. ويتعلق الاحتمالان بطريقة الإشارة إلى التطابق بين الحكم الوجودي، وبين احساساتنا الجسدية. ويتعلق الاحتمال الشرطى بالتطابق بين هذا الحكم وبين احساساتنا المتعلقة بفروض حول سلوك الكائنات الحية، وحول حقائق خاصة. وقضايا العلم الاجتماعى إنما هى قضايا افتراضية، على الأقل لأن الباحث

يشارك فى الظاهرة المبحوثة. لكن درجة الثقة فى هذا العلم وتلك الفيزياء تقبل الحساب الاحتمالى. وبالتالى فالفرق بين العلم الاجتماعى والمعارف التجريبية الأخرى هو فرق فى الدرجة لا فرق فى النوع، وإن كانت الدرجة الاجتماعية أدنى من درجة اليقين فى العلم الفيزيائي.

وكان مشروع كوندورسيه متمما لمشروع العالم السويسرى يعقوب بَرنويي، وغيره من علماء القرن الثامن عشر الميلادى. كان العالم السويسرى يعقوب بيرنويى *Jacob BERNOULLI (1654 - 1705)* أ ول من كتب مقالة منهجية فى الاحتمال فى "فن الافتراض" *ARS CONJECTANDI (1713)* وبلغت نظرية بيار فرما أقصى تطور لها على يد العالم السويسرى يعقوب بيرنويي. فبرنوييى هو المؤسس الحقيقى لنظرية الاحتمال بوصفها فرعا من فروع الرياضيات. وترجع أهمية يعقوب بيرنويى إلى اكتشافه "قانون الأعداد الكبيرة "، ذلك القانون الذى وضع فيه الكسور لاحتمالات الحوادث والنسبة الفعلية لمصادفاتها. وقد أشار عدد من الدارسين المعاصرين إلى اقتباسات معينة لمؤلفين كلاسيكيين، وقالوا إن الاحتمال المنطقى لا يمكن أن يكون هو نفسه الذى كان فى ذهن هؤلاء المؤلفين. لأن الكتاب الكلاسيكيين لم يقصدوا الاحتمال التكراري. ولكن ما قصده يعقوب بيرنويى كان أمرا مختلفا تماما، لأنه قال إنه عند مشاهدتنا لحوادث معينة كتلك التى نشاهدها عند سقوط زهر، فإننا نفترض الطريقة التى سوف يسقط بها الزهر إذا قذفنا مرة أخرى، أو الطريقة التى نجرى بها مراهنات معقولة. إذن الاحتمال بالنسبة للكتاب الكلاسيكيين كان درجة من الثقة بأن اعتقاداتنا قد تتحقق فى الوقائع القادمة.

وما يسمى باسم "توزيع برنوييي" هو عبارة عن تجربة تقبل نتيجتين ممكنتين وحسب، واحتمالات P و ١ − P، أو، بعبارة أخرى، تقبل متغير احتمالى : X، بحيث : $P(X=1)=p$ و $P(X=0)=1-p$

فقد سبق أن برهن برنوييى على أنه إذا افترضنا معرفة احتمال الحدث E، نقدر أن نقيِّم تردد تحقيق E، بحيث أن قيمة هذا التردد قد تكون قريبة حسب ما نريد من احتمال E. وسجل رشدى راشد أن بيز لا ينظر إلا إلى قيمة واحدة للمجهول x النابع من التوزيع الموحد على $[0,1]$ وأن متتالية التجارب عند برنويى قد تولدت عن احتمال x. غير أن النظر فى رسالة بيز يبين أن بيز كان يقصد حل المسألة الرياضية وحسب : دمج نظرية برنويي. فقد سبق أن برهن برنويى على أنه إذا افترضنا معرفة احتمال الحدث E، نقدر أن نقوم هذا تردد تحقيق E، بحيث أن قيمة تردد قد تكون قريبة حسب ما نريد من احتمال E.

وقد اكتشف العلماء منذ القرن الثامن عشر وفى مناسبة المسألة التى كان قد طرحها ن. برنويى *N. BERNOULLIJ* ومونور *MONTMORT*، أن ثمة مفارقة، هى مفارقة سانبطرسبورج، قد تهدد بشل حركة المقامر، إذا تمسك المقامر بقاعدة الأمل الرياضى كقاعدة لاتخاذ القرار، وذلك فى الاستعمال العام. فى هذا

السياق ظهرت أول نظرية فى الاحتمال، وتسمى الآن بالتسمية المعروفة "النظرية الكلاسيكية"، خلال القرن الثامن عشر. وكان يعقوب برنويى أول من كتب كتابة منهجية متكاملة فيها. وعاونه فى هذا العمل الأسقف تومازا بيز. وفى نهاية ذلك القرن الثامن عشر، مثل عالم الرياضيات بيار سيمون دولابلاس ذروة المرحلة الكلاسيكية. كانت معظم تطبيقات الاحتمال خلال هذه الفترة الكلاسيكية تتعلق بتحليل ألعاب الحظ، مثل لعبة الزهر، والورق، والروليت. وسأل بعض المقامرين آنذاك عالم الرياضيات بيير فرما ورياضيين آخرين أن يحسبوا لهم الاحتمالات الدقيقة التى تتضمنها ألعاب معينة من ألعاب الحظ. بدءا من هذه المشكلات العملية قامت النظرية الرياضية فى الاحتمال وطور علماء الرياضيات نظرية التوافيق. ومنذ ذلك التاريخ صار بالإمكان تطبيق التحليل التوافيقى على المشكلات الناجمة عن ظواهر المصادفة.

تقول المفارقة إذن، إن أ يعد ب بإعطائه ريالا من المال إذا -متوسلا فى الإلقاء بزهر عادي- حصل فى المرة الأولى على ست نقاط، وريالين إذا حصل فى المرة الثانية على ست نقاط، وثلاث ريالات إذا حصل فى المرة الثالثة على ست نقاط، وأربع ريالات إذا حصل فى المرة الرابعة على ست نقاط، وخمس ريالات إذا حصل فى المرة الخامسة على ست نقاط، وهكذا إلى غير نهاية، فالمطلوب هو إيجاد أمل ب. إذا استمر إلقاء الزهر إلى غير نهاية سوف لن يتناهى أمل ب، أما إذا تساوت الحظوظ بين أ و ب فإن اللعبة تكون حسمت سلفا، لأن مراهنتا أ و ب، فى هذه الحال، تتساويان. وللخروج من هذه المفارقة، هناك منهجان : إما العجز عن الحل إما جعل المقامر رجل سوق كما افترض كرامر *CRAMER* وبوفون *BUFFON* ود. برنوييى *D. BERNOULLI*، وقد رأوا أن التناقض ينهض على التناقض فى قيمة المال، كما على النحو التالى :

إذا افترضنا X الثروة الأولى المصاغة فى قيمة عملة، منفعة نمو dx تعدل

$dx = (bdx) / x$ مع اعتبار b ثابتا. من هنـــا سيكون لديــنا، بالنسبة لمنفعـــة الثروة. بعبـــارة أخـــرى، $dx = (bdx) / x$ وفى حال $bdx = b.dx$ فى حالة الإيجاب، نحصل على $b = 1/x$، لكن b ثابت، فنحصل على التناقض.

$x, y = blogx/ |c|$ مع اعتبار c ثابتا. ومن هذا التعريف ل y نقدر أن نحتسب الأمل المعنوى أو أمل المنفعة.

إذا افترضنا a الثروة المبدئية، x_1, x_2, x_3... نمو الثروة، مع الاحتمالات المناسبة p_1, p_2, p_3، ... وبحيث أن $p_1 + p_2 + p_3 + ... = 1$. تعادل الثروة المعنوية ما يلي:

$$b \log [(a + x_1) p_1 (a + x_2) p_2 (a + x_3) p_3 ...] - b \log |c|$$

عند د. برنوييى *D. BERNOULLI*، إذن، أمل ربح المبلغ لا يعبر عنه المبلغ نفسه إنما تعبر عنه العلاقة بين هذا المبلغ والثروة -كمية الممتلكات- التى لا بد أن يربحها. ومنذ ذلك التاريخ ظل خيار الدالة الخوارزمية هو الخيار الأمل لتمثيل المنفعة، وبخاصة لدى علماء الاقتصاد أمثال أ. مارشال وسافج .والسؤال حول مبررات الخيار إنما هو سؤال حول نوع السلوك الذى ينبغى أن يسلكه المقامر. عند د. برنويى ، إذن، ومن بعده، يقوم هذا التأسيس على افتراض أن المنفعة المستخلصة من نمو بسيط للثروة تناسب عكسيا كمية الممتلكات المملوكة سلفا. ويربط هذا الافتراض بين فكرتين تقضيان عند اجتماعهما بالدالة المتصلة، الموحدة، النامية، المتفاضلة، والمتجهة باتجاه بطيء تماما نحو اللامتناهي، وذلك حين x تتجه نحو اللامتناهي.

فمن جهة هناك نمو للمنفعة تبعا للملكية وبكمية لامتناهية، ومن جهة أخرى، هناك انخفاض متناقض *TENDANCIELLE* وانخفاض، مصحوب بالارتفاع، لقيمة المنفعة تبعا لنمو كمية الممتلكات. من هنا فأيا كان دخل الفرد فوحدتا الربح دوما ما تكونا أنفع من منفعة واحدة أو أقل من ثلاث وحدات، لكن تبعا لهذا الدخل المبدئي، فمنفعة الوحدة الأخيرة تظل مختلفة، ومن هنا فصلاحية خيار الدالة الخوارزمية تحيل إلى التصورات الضرورية للتأسيس للفرضية التى تختلف من مجال الاقتصاد إلى مجال علم النفس وغيرهما من المجالات.

فالمثال الذى يعيده عالم الرياضيات إلى السلوك يستند إلى تاريخية خفية - إلى تفسير الخبرة الفعلية. وفى حين ينبع فعل الإعادة من إعادة تعريف مساواة الفرص، فإن المساواة فى الفرص تقيم نظرية القرار على "عقيدة المنفعة". ويظل الإنسان عند د. برنوييى ، إذن، بعيدا عن المقاربة العلمية الاجتماعية الرياضية. فلكى يقترب الإنسان عند د. برنوييى ، من المقاربة العلمية الاجتماعية الرياضية، لا بد من أن تقود "نظرية" القرار "عقيدة" المنفعة. وهو الأمر الذى لم يحدث إلا فى العمل الذى قدمه كل من فون نيومان *VON NEUMANN* ومورجنشترن *MORGENSTERN*، اللذين أعادا صياغة "عقيدة المنفعة" نحو منتصف القرن العشرين، فى قوالب الرياضيات، وبخاصة نظرية المجموعات. فى أثناء القرن التاسع عشر، انتقد بعض العلماء التعريف الكلاسيكي. ولكن فى أثناء القرن العشرين، ونحو عام ١٩٢٠، وجه كل من ريتشارد فون ميزس *Richard Von MISES*، وهانز رايشنباخ *Hans REICHENBACH*، وغيرهما من العلماء انتقادات للأطروحة الكلاسيكية فى الاحتمال.

وعاون يعقوب بيرنوى فى صياغة أول نظرية علمية فى الاحتمال فى العصر الحديث، معاونة جادة الأسقف وعالم اللاهوت الإنجليزى البروتستانتى توماس بيز *Thomas BAYES (1702-1761)* الذى درس الرياضيات على *DE MOIVRE*. وإضافة توماس بيز الأساسية هى ما سمى فى تاريخ الرياضيات باسمه : "

معادلة بيز". وهى معادلة الاحتمال العلى أو السببى أو الشرطي، كما أوردها فى *An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances* أو"محاولة نحو حل مسألة نظرية الحظوظ" (١٧٦٣). ومعادلة بيز أو معادلة احتمالات العلل تقول : نفترض نظاما تاما من الأحداث $(A_i) 1 \leq i \leq n$ ونفترض كذلك حدثا B محتملا لا صفري، نصل إذن إلى المعادلة التالية:

$$P(A_i \mid B) = P(A_i)\, P(B \mid A_i) / \sum P(A_j)\, P(B \mid A_j)$$

حيث $P(X \mid Y)$ تمثل الاحتمال الشرطى لِ X بالنسبة لِ Y.

وضع توماس بيز المسألة التالية : لدينا عدد تحقيقات وغير تحقيقات لحدث مجهول؛ المطلوب هو الحظ لكى يوجد احتمال تحقيق هذا الحدث فى ظرف واحد بين درجتين احتماليتين نقدر أن نسميهما. والحظ هو الاحتمال[٢٣]. المسألة إذن بالنسبة إلى توماس بيز كانت تتلخص فى تحديد الاحتمال لكى يكون $P(E)$ – احتمال تحقق الحدث E– فى الفترة $[a,b] \subset [0,1]$

على النحو التالى : $P(a \leq p(E) \leq b)$ مع العلم بتردد E لمتتالية متكررة الوقوع. وقد حل الرياضى المسألة، بلغة العلاقات بين المساحات الواقعة تحت المنحنيات ولم يلجأ قط إلى لغة التكامل. وفى لغة غير لغة بيز، أمكن رشدى راشد، بعد أ. تودهنتر، فى كتابه "تاريخ النظرية الرياضية للاحتمال" (١٨٦٥)، أن يصوغ الحل على النحو التالى :

$$P[a \leq x \leq b]$$

حيث تقع E عدد المرات p فى المعادلة $p + q = n$

حيث n هى عدد مرات الرمى :

$$(*)\frac{\int_a^b \overset{n}{P} x^p (1-x)^q\,dx}{\int_0^1 \overset{n}{P} x^p (1-x)^q\,dx}$$

حيث x تمثل الاحتمال القَبْلى للحدث E. وسجل رشدى راشد أن بيز لا ينظر إلا إلى قيمة واحدة للمجهول x النابع من التوزيع الموحد على $[0,1]$ وأن متتالية المرات عند برنويى قد صدرت عن احتمال x. غير أن النظر فى رسالة بيز يبين أن بيز كان يقصد حل المسألة الرياضية ودمج نظرية نقولا برنوييي. وكان جاك

برنوييى قد برهن أنه إذا افترضنا معرفة احتمال وقوع حدث E، بحيث أن قيمة التردد قد تقترب من احتمال وقوع الحدث E، بمعنى أنه

إذا افترضنا $0 < \varepsilon$ ما

فإن لدينا عندئذ ما يلى :

$$p\{|\frac{r_n}{n} - p| < \varepsilon\} \to 1 \text{ حين } n \to \infty$$

حيث rnهو عدد تطبيقات E فى n اختبارات مستقلة، وهو شكل من أشكال قانون الأعداد الكبيرة، الذى يمثل سنداً لتأسيس تصور حدسى للاحتمال بوصفه قياساً لتردد نسبي. وافترض جاك برنويى أن عدد الحالات المتوافقة مع الحالات الغير المتوافقة، بدقة أو بالتقريب، يقع فى نسبة r/s، وبحيث أن يقع العدد الكلى للحالات فى نسبة $r / r+s$ أو r / t هى محتوى الحدود $r+1/t$ و $t/r-1$ وبالتالى فينبغى بيان أنه بالإمكان إجراء عدد من المحاولات بحيث يظهر فى بعض مرات التكرار، فى c، تمثيلا لا حصراً، بحيث يظهر تقريباً أن عدد الملاحظات المتوافقة لا بد أن تقع بداخل هذه الحدود لا خارجها، بمعنى أن نسبة عدد الملاحظات المتوافقة مع العدد الكلى لا بد أن يكون فى نسبة أدنى أو مساوية للنسبة $r + 1 / t$ وأعلى أو مساوية للنسبة $r - 1 / t$.

من هنا فقد نشأ تصور الاحتمال الشرطى فى أثناء حل مسألة تقنية. ولم يبحث بيز بوضوح عن حل مسألة الاستدلال الإحصائي. ولا تقـــع الصياغـــة المواربة لنظرية بيز فى "رسالته" عن "حل مسألة عقيدة الحظوظ" (١٧٦٣).

وفى نهاية القرن الثامن عشر الميلادى كتب الرياضى والفيزيائى والفلكى بيار سيمون لابلاس *LAPLACE (1749-1827) Théorie analytique des probabilités* أو"النظريـــة التحليلية فى الاحتمالات" (١٨١٢)، ثم *Essai philosophique sur les probabilités* "المقالة الفلسفية فى الاحتمالات" (١٨١٤)، وكان قطعة نقود معدنية المزدوج ذروة المرحلة الكلاسيكية. ومثلت رسالة لابلاس عام ١٨١٤ عن احتمال الأحداث العلية مشروعا رياضيا خالصا من الاعتبارات الاجتماعية كما كان الحال عند ج. برنويي، مومور، ن. برنويي... وقد بلغ بحث الاحتمال مرحلة متقدمة بالعمل الذى وضعه لابلاس مؤسس الاتجاه الكلاسيكى الذى ساد خلال القرن التاسع عشر الميلادى.

يفرق لابلاس بين فئتين :

١- الحدث غير يقينى لكن علة الاحتمال معروفة؛

٢- الحدث معروف لكن العلة مجهولة :

يستخلص لابلاس النتيجتين التاليتين :

$$(2)\ p\ (c_i \mid E) / p\ (c_j \mid E) = p\ (E \mid C_i) / p\ (E \mid C_j)$$

$$i, j \in \{1, \ldots, n\}; i \neq j$$

$$(3)\ p\ (c_i \mid E) = p\ (E \mid c_i) / \sum_{j=1}^{n} p\ \ (E \mid c_j)$$

ويسجل رشدى راشد أن لابلاس هو العالم الأول الذى صاغ نظرية بيز فى الحال المنفصلة. كذلك كان لابلاس رائد افتراض تساوى الاحتمالات القبلية. ثم يطبق لابلاس مبدأه لحل المسألة التالية : إذا كان هناك صندوق يحتوى على عدد لامتناهى من التذاكر البيضاء والسوداء فى علاقة مجهولة وأن نخرج $p + q$ تذكرة حيث p بيضاء وq سوداء؛ ثم نطلب احتمال أنه حين نخرج تذكرة جديدة من هذا الصندوق أنها ستكون بيضاء. وبعد أن بين أن احتمال استخراج p تذكرة بيضاء وq سوداء، فى هذه الحال[٢٤] :

$$x^p\ (1\text{-}x)^q,$$

لابلاس يطبق مبدأه ويجد أن احتمال كون العلاقة الحقيقية تكون بين x و$x + dx$ على النحو التالى :

$$x^p\ (1\text{-}x)^q\ dx$$

يستخلص لابلاس من (٤) احتمال أن الورقة الجديدة ستكون بيضاء :

$$(4) \frac{\chi^p (1 - \chi)^q d\chi}{\int_0^1 \chi^p (1 - \chi)^q d\chi}$$

استنبط لابلاس من (٥) احتمال أن التذكرة الجديدة الطالع تكون بيضاء :

$$(5) \frac{\int_0^1 \chi^p (1 - \chi)^q d\chi}{\int_0^1 \chi^p (1 - \chi)^q d\chi}$$

إذا دمجنا (٤) بين $a \leq x \leq b$، نحصل على احتمال أن x، النسبة الحقيقية بين عدد الأوراق البيضاء والعدد الكلى للأوراق، تقع بين a وb، على اعتبار أننا استخلصنا p أوراق بيضاء وq سوداء :

$$(6)\ p[a\ \chi\ b|\ p\ \text{blancd}\ q\ \text{noirs}] = \frac{\int_a^b \chi^p (1 - \chi)^q d\chi}{\int_0^1 \chi^p (1 - \chi)^q d\chi}$$

من هنا بلغ لابلاس الحالة التى كان بيز قد استخلصها من قبل، من دون أن يكتفى بذلك، بل من خلال تعميم (٦)، حصل على :

$$(7)\ p[m\ \text{blancs et}\ n\ \text{noirs}\ |\ q\ \text{noirs}]\ \frac{\int_0^1 \chi^p (1 - \chi)^{q+n} d\chi}{\int_0^1 \chi^p (1 - \chi)^q d\chi}$$

إذا لم نأخذ بنظام فرز الأوراق (*m+n*) فلا بد من ضربه بالمعامل مزدوج الحدود المطابق، وهنا يعنى ذلك ما يلى : $\underset{m}{m+n}$

وهو ما فسره كوندورسيه فيما بعد فى بحثه فى تطبيق التحليل فى الاحتمال. لكن لابلاس استعاد (٦)، أى أنه استعاد حالة بيز، من خلال التحليل، ومن ثم من خلال كتابة أبسط وأفكار أوضح. لكن همه الأساس كان حل (٧)، من خلال الحسابات الضرورية كلها.

لكن الفرق بين كوندورسيه وغيره من الرياضيين فى القرن الثامن عشر الميلادي، أنه لم ينظر إلى حساب الاحتمال فى ذاته إنما نظر إليه بوصفه علما "وسيطا" *Discipline intermédiaire* بين الرياضيات والعلوم الاجتماعية. الفرق بين كوندورسيه وغيره من الرياضيين فى القرن الثامن عشر، أنه لم ينظر إلى حساب الاحتمال بوصفه مجالا للتطبيق الرياضى إنما نظر إليه بوصفه جزءا لا ينفصل من الإشكالية الكلية لترييض العقائد الغير الرياضية.

وقد سبق أن أشرنا إلى ظهور أول نظرية علمية فى الاحتمال فى العصر الحديث – وتسمى الآن عادة " بالنظرية الكلاسيكية "– خلال القرن الثامن عشر الميلادي. ومع تطور العلم زادت أهمية القضايا الاحتمالية فى مجال العلوم الاجتماعية. فقد صار الاحتمال الإحصائى ضروريا فى المجالات المجهولة وبخاصة فى مجال العلوم الاجتماعية. وعليه فقد بات من الضرورى بالنسبة للعلم أن يستعين بنظريات الاحتمال. لكن انطلق رشدى راشد فى نظرية الاحتمال، من عمل الفيلسوف الفرنسى المعاصر جيل جاستون جرونجيه *Gilles-Gaston GRANGER* الذى لعب دورا مهما فى إرساء أسس الرياضيات الاجتماعية فى تقديم نظرية العلوم المقارنة، من جهة مقارنة الإجراءات والإستراتيجيات التى يتوسل بها الفكر العقلى الشكلى فى مختلف مجالات العلوم الإنسانية الحديثة. كذلك ركز على الاقتصاد السياسى وعلاقة الرياضيات بالعلوم الاجتماعية عند كوندورسيه. فكوندورسيه هو الذى نحت مصطلح "الرياضيات الاجتماعية" ولم يقتصر على إدخال

"القياس" فى العلوم الاجتماعية إنما تجاوز ذلك إلى تصميم مشروع علم اجتماعى رياضي. وأراد كوندورسيه أن تكتسب العلوم الاجتماعية الثقة التى اكتسبتها من قبلها العلوم المستقرة. ونبعت رغبته هذه ورغبة دالومبير بخاصة ورغبة فلاسفة التنوير الفرنسى بعامة من التسليم المسبق بفكرة "وحدة المعرفة". وقد أقام هذه الوحدة على أساس من "النماذج النظرية" العلمية المحددة لا على مجرد اعتبارات فلسفية عامة.

وليس بإمكان القضايا القادمة من الوقائع سوى أن تكون موضع معرفة احتمالية. وموقف العلم التجريبى هذا هو أساس صعوبة تحليله. واقع الأمر أن المعرفة البنائية احتمالية بالضرورة، وذلك سواء أكانت رياضية خالصة أو تجريبية. وهذا هو أساس الاحتمالية الشاملة فى فلسفة المعرفة عند كوندورسيه. من هنا فالعلوم الاجتماعية تكتسب الثقة نفسها التى لدى العلوم التجريبية الأخرى مثل الفيزياء. فمن الجهة النظرية، الملاحظة واحدة فى العلوم التجريبية كافة، عدا أن الباحث الاجتماعى فى العلوم الاجتماعية يمثل جزءا من الظاهرة المدروسة : المجتمع.

كان كوندورسيه أول من فسر نظرية بيز. واستخدمها لصياغة نماذج الانتخابات بعامة، وسلوك "الناخب" بخاصة، كما حددته نظرية المجتمع وأصله التعاقدي. كان كوندورسيه يريد أن يؤسس لعلم جديد، كما أسلفنا من قبل. وكان موضوع ذلك العلم هو دراسة شروط الاختيار بالنسبة ليقيننا من سلامة ذلك الاختيار. كان هدف الدراسة هو البحث فى درجة الثقة التى تقبل حكم مجموعات تقل أو تزيد وتخضع لتعددية تقوى أو تضعف، وتشارك هيئات عدة مختلفة أو مجتمعة حول شخص واحد أو متكونة من بعض من تقل استنارتهم أو تزيد. نهضت فكرة كوندورسيه على أنه كما لابد للناخب –موضوع العلم– أن يقرر وفقاً للحقيقة تقريرا احتماليا، وبالقدر نفسه، يستخدم الرياضى حساب الاحتمال لتقويم الثقة فى التكوين الغالب لقرارات الناخبين.

ويلجأ كوندورسيه إذن إلى بناء نماذج مختلفة باختلاف "الناخب" وسلوكه طبقا أو ضد قواعده هو، أى وفقا أو ضد الموقف الطبيعى لتجديد العقد الاجتماعى. فالعقد الاجتماعى، الحر، والذى يساوى بين البشر جميعاً، لا يأخذ أكثر مما يعطي، والواسطة الوحيدة للتناسب مع الآخرين، هو الانتخاب. ويلجأ كوندورسيه إذن إلى دراسة صحة احتمال قرار يتعلق بمجموعة معينة. مما أعاده إلى نظرية بيز. لكن لكى تتوافق هذه النظرية مع سلوك نموذج الناخب، حاول كوندورسيه صياغة نظرية فى علم النفس العقلي– نظرية "دافع الاعتقاد". وقد أثار من هنا ولأول مرة، مسألة سلوك الاستدلال فى لغة علم النفس العقلي. ورأى كوندورسيه أن منهج بيز يقدم لنظرية الاعتقاد أو لنظرية المصداقية، قياسا دقيقاً، وأداة إجرائية، لتقرير أحسن الأحكام. وجرى هذا القياس على النحو التالى :

١- إذا كان احتمال وقوع واقعة أكبر من احتمال وقوع الواقعة العكسية، ففى هذه الحال، لدينا دافع للاعتقاد فى الوقوع القادم للواقعة، ولا يعود لينا دافع للاعتقاد فى امتناع وقوعها؛

٢- كلما كان احتمال وقوع الواقعة أكبر من احتمال وقوع الواقعة العكسية، فإنه فى هذه الحال، لا بد أن يكون الدافع قوياً؛

٣- ينمو الدافع نموا يتناسب مع هذا الاحتمال.

على أن كوندورسيه يؤكد أن هذه القضايا ليست مستقلة الواحدة عن الأخرى، وأنه نقدر أن نستنتج القضيتين الأخيرتين، من القضية الأولى. والتحليل التفصيلى لفكر كوندورسيه يؤيد أن المسألة هى مسألة "تقويم"، وأنه بالإمكان حلها بواسطة الصياغة التى سبق أن أوردناها من قبل فى هذا الباب، ألا وهى صياغة رشدى راشد لقانون بيز :

$$(*)\frac{\int_{a}^{b}\binom{n}{p}\chi^{p}(1-\chi)^{q}\,dx}{\int_{0}^{1}(p)x^{p}(1-x)^{q}\,dx}$$

حيث x تمثل الاحتمال القَبْلى للحدث E.

٤-٧- الاحتمال فى القرن العشرين

طور الرياضى الروسى كولمجروف *A. N. Kolmagrov* عام ١٩٣٣، الحساب المجرد للأشكال الاحتمالية بوصفها مجموعات وظيفية. وقد وحدت هذه النظرية بين حساب الاحتمالات من خلال النظرية العامة لقياس نقاط المجموعات. بالإمكان أن نسمى هذا النمـــط من الحساب المجرد، بالنمط المنطقي، وهو الذى أقامه كينز (١٩٢٠)، هانز رايشنباخ (١٩٣٢)، هارولد جيفرز (١٩٣٩) وآخرون. مع ذلك، فنظرية الاحتمال فرع من فروع الرياضيات البحتة، حيث نستنبط النتائج من بديهيات معينة. وهذه الفكرة هى ربط الاحتمال ببداهات أو مصادرات محسوبة وحسب. فأى أمر يتوافق وهذه البداهات هو"تفسير " لحساب الاحتمال، وبالإمكان أن تكون هناك تفسيرات متعددة ممكنة، ولا واحد منها أكثر صحة أو أقل شرعية من الآخر، ولكن ربما يكون بعضها أكثر أهمية من البعض الآخر.

وراجع علماء الرياضيات فى القرن العشرين النظرية الكلاسيكية فى الاحتمال. ففى إطار نظرية توماس بيز، صار " تساوى الإمكان " لا يمكن فهمه إلا بمعنى " تساوى الاحتمال "، أى أن توماس بيز صادر على المطلوب. عندما نرمى بقطعة نقود معدنية، فإن نتيجة ظهور أحد الوجهين تكون متساوية، لأننا نعرف أنه ليس ثمة ميل لظهور وجه دون ظهور آخر. وبالمثل فى لعبة الروليت، فليس هناك سبب لسقوط الكرة فى جزء منها، أكثر من سقوطه فى آخر. وأيضا فى لعب الورق، فإذا كان لورق اللعب نفس الحجم والشكل، وظهر كل منهما متماثلا مع الآخر، وتم خلطه جيدا (تفنيطه)، إذن لكان احتمال توزيع ورقة منها على لاعب، متساوياً تماما مع لاعب آخر. مرة أخرى، شروط تساوى الاحتمال هنا متحققة. ولكن – ولا يزال الكلام لميزس – لم يوضح المؤلفون الكلاسيكيون، كيف بالإمكان تعريف الاحتمال على مواقف متعددة فإذا أخذنا بعين الاعتبار جداول الوفيات، نجد أن شركات التأمين تعرف نسبة احتمال أن يعيش رجل فى الأربعين من عمره، فى الولايات المتحدة، وليس مصابا بأمراض خطيرة، أنه سوف يعيش فى نفس التاريخ من العام التالى. ينبغى عليهم أن يكونوا قادرين على حساب احتمالات هذا النوع، لأنهم بهذا يكونون قادرين على وضع القاعدة التى تقرر الشركة على أساسها تأميناتها. سأل العالم النمسوى- المجري- الأمريكى ريتشارد فون ميزس *Richard von MISES (1883-1953)* : ما هى الحالات المتساوية الإمكان بالنسبة إلى هذا الرجل ؟ ويضرب المثال التالى : يطلب السيد سميث *Smith* تأمينا للحياة، ترسله الشركة إلى طبيب، يقرر الطبيب أن سميثا خال من الأمراض الخطيرة. وتبين شهادة ميلاده أن عمره أربعون عاما. ترجع الشركة إلى إحصائيات وفياتها. وعلى أساس احتمال حياة الرجل المتوقعة، تقدم له شهادة تأمين على فئة معينة، ويمكن للسيد سميث أن يتوفى قبل أن يناهز عمره الواحد والأربعون، كما يمكنه أن يعيش ليصبح فى عمر المائة. احتمال الحياة بالنسبة له سنة أخرى زيادة، يقل شيئا فشيئا، لأنه يكبر فى العمر. افترض أنه يتوفى فى عمر الخامسة والأربعون، هذا شيء سيئ بالنسبة إلى شركة التأمين، لأنه دفع أقساطا قليلة، والآن سيدفعون ٢٠ ألف دولار للمنتفعين من تأمينه. أين الحالات المتساوية الإمكان هنا ؟ وهكذا فهذه حسابات ممكنة، ولكنها ليست متساوية الإمكان، لأن وفاته فى سن المائة والعشرين بعيد الاحتمال إلى حد بعيد.

وأشار ريتشارد فون ميزس إلى مواقف مماثلة تتعلق بتطبيق الاحتمال فى العلوم الاجتماعية، أوفى الطقس، أوفى الفيزياء. فمثل هذه الحالات لا تشبه ألعاب الحظ التى تكون النتيجة فيها ممكنة، ويمكن تصنيفها بدقة إلى ن من الحالات المتبادلة والكاملة تماما، بحيث تحقق شرط تساوى الإمكان. أما إذا كان الأمر متعلقا بجسم صغير من عنصر مشع، فهو إما أن يصدر فى اللحظة التالية جسيم الألفا، أو لا يصدر. يذكر الاحتمال أن الجسيم يصدر ٣٧٤ حالة، من أصل عدد الحالات المعينة. إذن أين الحالات المتساوية الإمكان هنا ؟ لدينا حالتان : إما أن يصدر جسيم الألفا فى اللحظة التالية أو لا يصدر.

وأكد ريتشارد فون ميزس ورايشنباخ من بعده، أن الاحتمال ليس هو عدد الحالات، وإنما هو قياس لعلاقة تكرارية نسبية. وكان ميزس أول من أدخل استعمال تكامل *STIELTJES* فى "*wahrscheinlichkeitrechnung und ihre Anwendung in der Statistik und theorischen Physik* حساب الاحتمالات واستعماله فى الإحصاء والفيزياء النظرية" (١٩٣١). أما العلاقة " التكرارية المطلقة "، فإن ريتشارد فون ميزس يعنى بها العدد الكلى للأحداث، مثل عدد الناس الذين توفوا فى لوس أنجلوس العام الماضى من مرض التدرن. ولكنه يعنى " بالتكرار النسبى "، نسبة هذا العدد إلى فئة أوسع قمنا بفحصها وهى العدد الكلى لسكان لوس أنجلوس. قال ريتشارد فون ميزس إنه بالإمكان الكلام عن ظهور وجه معين من رمية زهر، ليس فقط فى حالة زهر جيد، حيث تكون النسبة ٦/١، وإنما أيضا فى حالات كل نماذج الزهر. افترض أن شخصا ما يؤكد أن نسبة احتمال ظهور الواحد فى الزهر الذى يحمله ليس ٦/١ لكنه أقل من ٦/١ ويقول شخص آخر اعتقد أن احتمال ظهور الواحد أكثر من ٦/١. أشار ميزس إلى أنه لكى نعلم أن الرجلين معتدلان فى تأكيداتهما المتباينة، يجب أن ننظر إلى الطريقة التى بها أسسا حكميهما. ولا يتسنى ذلك إلا بإجراء اختبار تجريبي.

سوف يلقيان بزهرة النرد عددا من المرات، ويسجلان عدد الرميات وعدد الآسات التى تظهر. كم من المرات سيلقيان بالزهر ؟ افترض أنهما ألقيا به ١٠٠ رمية، ووجد أن الآس ظهر ١٥ مرة. وهذا يقل قليلا عن ٦/١ الـــ ١٠٠، ألن يثبت هذا أن الرجل الأول على حق ؟ " كلا ". يمكن أن يعترض الرجل الآخر بقوله "أننى مازلت على اعتقادى أن الاحتمال أكبر من ٦/١. فمائة رمية غير كافية لاعتماد الاختبار " وربما يستمر الرجل فى قدف الزهر حتى يصل عدد الرميات إلى ٦ آلاف رمية، فإذا ظهر الآس أقل من ألف مرة، سيقر الرجل الآخر بقوله، إنك على حق، إنها أقل من ٦/١ " .. ولكن لماذا توقف الرجل عند الرقم ٦ آلاف ؟ إذا كانت الرميات بعد الـــ ٦ آلاف، فإن عدد الاسات يقترب من الألف، وعلى هذا الأساس، فإنهما ينظران إلى المسألة باعتبار أنها لم تحل، فإن أى أحرف بسيط يمكن أن يؤدى إلى المصادقة، أكثر مما يحدث فى الانحراف فى الاتجاه المضاد ولإجراء اختبار أكثر إحكاما، فإن الرجلين سيقرران المضى فى الرمى إلى ٦٠ ألف رمية. وبوضوح، ليس هناك حد نهائى لعدد الرميات. لأن عدد الرميات مهما كان كبيرا، ففى اللحظة التى يتوقف عندها الرجلان، سوف يؤكدان بشكل حاسم على أن احتمال ظهور العدد آس هو ٦/١ أو أقل من ٦/١ أو أكثر من ٦/١. كيف بالإمكان إذن أن نعرف الاحتمال طبقا لحدود تكرارية ؟

يؤكد ريتشارد فون ميزس ورايشنباخ على أنه بالإمكان تعريفه، ليس كعلاقة تكرارية فى سلسلة نهائية، ولكن كحد من علاقة تكرارية فى سلسلة لانهائية. وكان هذا التعريف، هو الذى ميز وجهة نظر كل من ميزس وريشنباخ، من وجهة نظر ر.أ. فيشر *R.A.Fisher* فى إنجلترا، ورجال إحصاء آخرين، ممن انتقدوا

النظرية الكلاسيكية، وأدخلوا المفهوم التكرارى للاحتمال ليس من طريق التعريف، وإنما باعتباره حدا أوليا فى نظام بديهي. وبالطبع ليس بالإمكان ملاحظة سلسلة لانهائية. لكن بالإمكان استنباط عدد من المبرهنات على أساس تعريفهما، وبمساعدة هذه المبرهنات، نستطيع أن نستخلص النتائج. ففى مثال الزهر نستطيع أن نقول أن احتمال ظهور الآس أكبر بقليل جدا من ٦/١. وربما يمكن حساب " قيمة هذا الاحتمال. فالوقائع التى تحدد المفهوم تستخدم فى التعريف، كما أن الاستنتاج يقوم على سلسلة لا نهائية. ولقد وافق رايشنباخ على وجهة النظر التى تقول أن مفهوم الاحتمال يقوم على تكرار نسبى فى سلسلة لا نهائية، وأنه المفهوم الوحيد للاحتمال المقبول فى العلم.

أما التعريف الكلاسيكى فهو مشتق من مبدأ اللامبالاة. لاشك أن التعريف الحديث مناسب جدا للظواهر الإحصائية، ولكن كيف يمكن أن ينطبق على حالة فردية ؟ يعلن عالم الأرصاد الجوية أن احتمال سقوط المطر غدا نسبته ٣/٢. " وغدا " هذا يشير إلى يوم بعينه وليس إلى غيره، مثل وفاة شخص مؤمن عليه بتأمين على الحياة، فهو حالة فردية، حدث لا يتكرر، ومع ذلك نريد أن ندخله فى الاحتمال.

قنع ريتشارد فون ميزس بأن ذلك لا يمكن فعله، واكتفى بأن استبعد الحالات الفردية من القضايا الاحتمالية. أما ريشنباخ فقد كان على بينة من أنه – فى العلم، وفى الحياة اليومية – ولا مناص من صياغة قضايا احتمالية – لحالات فردية. ومن ثم، لابد – فى رأيه – أن نعثر على تفسير مقبول لمثل هذه القضايا. ومن السهل أن نعثر على ضالتنا المنشودة فى مجال التنبؤ بالطقس. فإذا أتيح لعالم أرصاد جوية الاطلاع على عدد كبير من التقارير التى تتحدث عن حالة الطقس فى الماضي. فإن ذلك يزوده بمعلومات عن حالة الطقس اليوم. وتبين له أن طقس اليوم ينتمى إلى فئة معينة، وأنه فى الماضي، عندما حدث طقس هذه الفئة، فإن التكرار النسبى لسقوط المطر فى اليوم التالى كان ٣/٢. ومن ثم نجد أن عالم الأرصاد الجوية – طبقا لريشنباخ – يقوم بعمل " ترجيح " " *a posit* "، وذلك لأنه يفترض أن التكرار للـــ ٣/٢، يقوم على سلسلة نخائية من الملاحظات، ولكنها سلسلة طويلة نسبيا، وهى أيضا حد من سلسلة لانهائية وبكلمات أخرى، نراه يقدر الحد بالمقدار التقريبى ٣/٢. وبالتالى نجده يصوغ القضية : " احتمال سقوط المطر غدا ٣/٢ ".

ويؤكد رايشنباخ على أن عبارة عالم الأرصاد الجوية موجزة. أما إذا أراد توسيعها لتعطى معنى كاملا فإنه يقرر : " بناء على ملاحظاتنا الماضية فإن حالة الطقس اليوم تهيئ سقوط المطر فى اليوم التالى بنسبة تكرارية تساوى ٣/٢ ". وتبدو القضية المختزلة كما لو أنها تطبق الاحتمال على حالة فردية، ولكن ذلك يرجع فقط إلى طريقة الحديث. وحقيقة أن العبارة تشير إلى تكرار نسبى فى سلسلة طويلة، وأن العبارة فى الرمية التالية للزهر، فإن احتمال ظهور الآس يساوى ٦/١ " صادقة بالمثل. إذ أن " الرمية التالية " مثل " الطقس غدا

" كلاهما حادث منفرد، ووحيد. وعندما نعزو احتمالا لها، فإننا نتحدث حقيقة بإيجاز عن تكرار نسبى فى سلسلة طويلة من الرميات.

قصد كل من فون نيومان *VON NEUMANN* ومورجنشترن *MORGENSTERN* من وراء إسهامهما وضع رجل السوق فى موضع الرهان من دون الاقتصار على وضع المقامر فى موضع رجل السوق. من هنا صار بالإمكان تفسير وجود الدالة وتبريرها، بحيث تراقب قيمة أملها خيارات الذات. ولا بد أن يحذو رجل السوق حذو المقامر بحيث يصبح سلوكه حالة خاصة من حالات المقولة العامة وبحيث يؤدى علم الاحتمال دور العلم الوسيط فى ترييض اللاشكلي.

وتقوم أصالة الموقف الحديث على تغيير العلاقة بين رجل السوق ورجل الاحتمال. عند د. برنويى *D. BERNOULLI*، إذن، كان على رجل الاحتمال أن يسلك تبعا لعقيدة المنفعة لكى يجتنب النتائج المتضاربة. أما عند كل من فون نيومان ومورجنشترن ، فإن رجل السوق، الذى صار رجل الاقتصاد عند الهامشيين، يخضع لمجموعة من الضوابط التى تعبر مصادرات النظام عنها، وبالتالى فهو يتوسل بالاحتمال. وصار هدف عالم الرياضيات الحديث إخضاع مبادئ عقيدة المنفعة لفروض علم الاحتمال فى القياس كما عند كل من فون نيومان ومورجنشترن ، أومن خلال اشتقاق قياس المنفعة من مطادرات الاحتمال نفسها كما عند سافج *SAVAGE*. ومن هنا صارت مبادئ عقيدة المنفعة تشتق من نظام المصادرات حيث يمثل الاحتمال إحدى هذه المصادرات، وحيث بالإمكان اشتقاق الاحتمال، ثم يصبح الاحتمال أداة برهان دالة المنفعة.

يعنى تطبيق الاستقراء على لغة العلم أنه بالإمكان صياغة مجموعة من القواعد التى تقبل الاستخلاص الآلى للوقائع من النظريات. إذ بالإمكان، تمثيلا لا حصرا، أن يصوغ عالم الطبيعة قواعد تمكنه من تسجيل مائة ألف قضية مختلفة، وعندئذ، يتمكن من وضع نظرية عامة (نسق من القوانين) يفسر بها هذه الظواهر الملاحظة، عن طريق التطبيق الآلى لتلك القواعد. تلجأ النظريات بعامة والنظريات التجريدية بخاصة، إلى استخدام إطار تصورى يمضى بعيدا وراء الإطار المستخدم لوصف المادة الملاحظة، ويقدر الباحث أن يتبع إجراء آليا معتمدا قواعد مقررة ويستخرج منها نسقا جديدا من المفاهيم النظرية، وبمساعدة هذه المفاهيم يتوصل إلى نظرية. إن ذلك يتطلب براعة خلاقة. بالإمكان استقراء كل القضايا الملاحظة المناسبة، ونحصل، كناتج لذلك، على نسق مرتب من القوانين التى تفسر الظواهر الملموسة. إذن يوافق رشدى راشد على وجهة النظر التى تقول إنه بالإمكان استقراء الاحتمال آليا وخاصة إذا كان هدف الآلية هو اختراع نظريات جديدة.

لم يعد وجود بعض دوال المنفعة التى كان دورها هو ترجمة مبادئ النظرية، كما كان عند د. برنويى، أقول إنه لم يعد وجود بعض دوال المنفعة وجودا مفروضا إنما صار وجودا نابعا من فروض الاحتمال ومن

نظام المصادرات. أما عند كل من فون نيومان ومورجنشترن ، فإن الافتراض هو اشتقاق قياس المنفعة من الاحتمال، وأن مواصلة المنفعة تقدر وحدها ضبط التوزيع أو السلوك، وأن خيارات الذات تتعلق بالمنافع المقارنة، وذلك كله من أجل بناء قياس المنفعة وضبط الخيارات. يهدف كلٌ من فون نيومان *VON NEUMANN* ومورجنشترن *MORGENSTERN*، إذن، بيان أن مبادئ المنفعة تصدر عن سلوك يحقق المصادرات بعامة، ومصادرة الاحتمال بخاصة. وفى هذه الحال، أراد الباحث أن يعتبر السلوك قرارا بين الخيارات اليقينية وغير اليقينية على السواء. ويُسمى الباحث المسار الاحتمالى ذلك المسار الذى يتبع ما يلى :

On désigne $[\alpha, x_1(\mathrm{I}-\alpha)x_2]$ *avec* x_1, x_2, *les perspectives possibles,* $\alpha, (\mathrm{I}-\alpha)$

هذه الأخيرة هى احتمالاتها.

ومن هنا فبعد تقديم نظام المصادرات التى يحققها السلوك، بين كل من فون نيومان *VON NEUMANN* ومورجنشترن *MORGENSTERN* أن هناك دالة u تحمل متغيرا واقعيا:

1) $\mathrm{X}_1 \geq \mathrm{X}_2 \Leftrightarrow u(\mathrm{X}_1) \geq u(\mathrm{X}_2)$

2) $u[\alpha\mathrm{X}_1, (\mathrm{I}-\alpha)\mathrm{X}_2] = \alpha u(\mathrm{X}_1) + (\mathrm{I}-\alpha)u(\mathrm{X}_2)\alpha \in [0.\mathrm{I}]$

u وحيد، بتقريب تحويلى خطي.

من هنا نرى أن منفعة المسار الاحتمالى محسوبة بواسطة قواعد حساب الاحتمال. وتعبر القضية (٢) عن قاعدة حساب منفعة المسار الاحتمالى بوصفها قاعدة أمل المنفعة. وعلى خلاف فون نيومان ومورجنشترن، لم يدخل سافج *SAVAGE* الاحتمال منذ البداية. أراد سافج *SAVAGE* أن يبين أنه حين يختار شخص ما بين أفعال ممكنة يحقق بعض المصادرات العقلية، فإنه يربط، باطنيا، بين الأحداث قابلة التحقيق والأعداد التى تمتلك خواص الاحتمالات كلها، وهى الاحتمالات المسماة "الاحتمالات الذاتية". وبعد بيان الاحتمالات نقدر حساب الخيارات التى قد يختارها الشخص بين بعض الأفعال البسيطة. كذلك قد نبنى دالة المنفعة الخطية، بمعنى كل من فون نيومان ومورجنشترن ، مما يرد الخيارات كلها بين الأفعال إلى مقارنة بين منافع مترابطة[٢٠]

S هو مجموع حالات الطبيعة أو احتمالات، من عناصر S،$\acute{S}$، $\ddot{S}$ ...

F مجموعة النتائج، والمكون من العناصر *f, g, h*...

F مجموعة تطبيقات S فى F والمكونة من عناصر $f, g, h \cdots$

$\leq$ هي علاقة ثنائية مسماة بالعلاقة الاختيارية وتقرأ "غير مفضلة عن أ".

المصادرات :

المصادرة الأولى : العلاقة $\leq$-"غير مفضلة عن أ"- هى نظام سابق تام من الأفعال.

Ax II Si $f, g, et\ \dot{f}, \dot{g}\ \ et\ \ \dot{f}', \dot{g}'$ *sont tells que*

1) $dans \sim B\, f(s) = g(s),\ f^{\cdot}(s) = g^{\cdot}(s)$

2) $dans \sim B\, f(s) = f^{\cdot}(s),\ g(s) = g^{\cdot}(s)$

إذن : $f \leq g \Leftrightarrow f^{\cdot} \leq g^{\cdot}$

$A_x\ III\ f \equiv g\ f^{\cdot} \equiv g^{\cdot}\ B\ non\ nul,\ alors\ (f \leq f^{\cdot})/B \Leftrightarrow g \leq g^{\cdot}\ (donc \Leftrightarrow \dot{f} \leq \dot{f}^{\cdot})$

Ax IV Si $f, f', g, g'; A, B;\ \dot{f}_A, \dot{f}_B, \dot{g}_A, \dot{g}_B$ *Sont tells que*

1) $f' < f\ g' < g$

2) a) $f_A(s) = f,\ g_A(s) = g$ *pour* $s \in A$

   $f_A(s) = f',\ g_A(s) = g'$ *pour* $s \in A$

   b) $f_B(s) = f,\ g_B(s) = g$ *pour* $s \in B$

   $f_B(s) = f',\ g_B(s) = g'$ *pour* $s \in B$

3) $\dot{f}_A \leq \dot{f}_B$

   alors $\dot{g}_A \leq \dot{g}_B$

المصادرة ٥ : يوجد على الأقل زوج نتائج $f, f'; f' < f$

المصادرة ٦ : اذا كان $\dot{h} < \dot{g}$ ولكل $f \in F$

فان تعديلا طفيفا من $\dot{g}$ الى $\bar{\dot{g}}$ يكون ممكنا بحيث $\dot{h} < \bar{\dot{g}}$

التعريفات :

تعريف ١ لـ $(\dot{f} \leq \dot{g} / B)$ اختيار على الأفعال بحيث يتحقق الحدث B

تعريف ٢ للاختيار من النتائج بوصفها علاقة جوهرية

تعريف ٣ للعلاقة الثنائية ٠ ≤ بوصفها علاقة مرتبة بين الوقائع.

تعريف ٤ للعلاقة ٠ ≤ بوصفها احتمالا كيفيا

تعريف ٥ لطبقات الألعاب $\ddot{f} = \sum_{i} {}_{pifi}$

تعريف ٦ للمنفعة بوصفها دالة $u \to IR$

$$\ddot{f} = \sum_{i} {}_{pifi}$$

$$\ddot{g} = \sum_{j} {}_{\sigma jgj}$$

$$\ddot{f} \leq \ddot{g} \Leftrightarrow \sum_{pi} u(f_i \leq \sum_{\sigma ju(gj)}$$

المبرهنات :

مبرهنة ١ : إذا افترضنا أن $[B_i, i\in I]$ هى تجزيء المجموعة، وإذا افترضنا كذلك أنّ أيا كان $i \in I$، وأيا كان $s \in B_i$، و $f(s) = fi,\ g(s) = gi$، و $fi\ 2\ gi$ فإذن، $(f' \leq g')/B$، إذا كان هناك $i_0 \in I$ ؛ $fi_0 <$ gi_0 إذن $(f' < g')/B$

مبرهنة ٢ : ≤ هى مستقيمة.

مبرهنة ٣ : ≤ هى متراصة.

مبرهنة ٤ : توجد ن – تجزيء المجموعة نصف منتظمة.

مبرهنة ٥ : يوجد احتمال كمى نصف متوافق مع ≤ وهو وحيد.

مبرهنة ٦ : يوجد احتمال كمى متوافق .

مبرهنة ٧ : يوجد احتمال شرطى كمى متوافق .

مبرهنة ٨ : إذاً $\ddot{f}_1 \leq g \leq \ddot{f}_2$ يوجد $0 < \alpha \leq 1$ وحيد $\rho\ddot{f}_1 + (j+\rho)\ddot{f}_2 = \ddot{g}$

مبرهنة ٩ : يوجد الاقتران النافع.

لبناء نموذج السلوك، يفترض سافج أن الشخص يختار دوما بين أفعال عدة وأن هذه القرارات متعدية. وحتى فى حال أن يمتنع تعادل فعليّ الخيار، يكفى الربط بين التحسين اللامتناهى ونتائج أحد الفعلين، لتأمين خيار الشخص. وقد ينطوى ذلك الخيار بعد ذلك على مضمون معين. إن حساسية الشخص تجاه أى نمو لدخله وإن كان ضئيلاً، تبقي، فى التحليل الأخير، التأسيس الأكثر احتمالاً، بحسب سافاج، لإمكان الخيار ومضمونه.

تضع المصادرة الأولى سابقة الذكر، فكرة وجود نظام سابق تام لمجموع الأفعال. ولتطبيق هذا النظام المسبق على الأفعال، فى حال توافر المعلومات الجزئية- يدخل سافاج المصادرة (٢)، وبواسطة المصادرة الأولى، والمصادرة الثانية، يحد ٢ مع التسليم بأن الحدث ب قد تحقق -الحد (١)- بوصفه نظاما سابقاً تاماً للخيارات المشروطة على الأفعال. والمصادرة (٣) تؤسس لتطبيق هذا النظام السابق التام على النتائج، وبواسطة هذه المصادرة، والحد (١)، نقدر أن نحد هذا النظام السابق بوصفه علاقة جوهرية، أى نحد هذا النظام السابق بوصفه نظاماً مستقلاً للاحتمالات -الحد (٢)- ثم يورد الباحث، بواسطة هذين الحدين، المبرهنة الأولى أو مبرهنة الخيارات الشرطية :

مبرهنة ١ : إذا افترضنا أن$[Bi, i\in I]$ هى تجزيء المجموعة، وإذا افترضنا كذلك أن أيا كان $i\in I$، وأيا كان $s\in Bi$، و$f(s)=fi,\ g(s)=gi$، و$fi\leq gi$، فإذن، $(f'\leq g')$ ، إذا كان هناك $I_o\in I$ ؛ $fi_0 < gi_0$
إذن: $(f'<g')/B$

من هذه المبرهنة الأولى، ومن مصادرتين إضافيتين، شرع سافاج فى التحليل الصورى للحدس بما يلى : "ليس الحدث، أياً كان، أكثر احتمالاً من الحدث الآخر." وكان قصده هو أن ينسب فعلاً معيناً إلى كل حدث على حدة، وفقاً لنظام الأسعار. على أنه إذا كان هذا الارتباط بين الفعل والحدث يؤسس لتعريف نظام سابق للأفعال، لا نريد أن يتبع هذا النظام حركة الأسعار. وتضمن المصادرة الرابعة ذلك. وتستبعد المصادرة الخامسة الضرورية لكن غير الحاسمة، اللامبالاة العامة. وتؤسس المصادرة الرابعة والمصادرة الخامسة، لتعريف -الحد (٣)- العلاقة $\leq$ بوصفها علاقة منظمة بين الأحداث. وتقود هاتان المصادرتان وهذا الحد المتوافقة مع النظرية الأولى، إلى تعريف العلاقة $\leq$ بوصفها علاقة احتمالية كيفية. ويريد سافاج أن يبين بعد ذلك أن بعض الشروط المفروضة على $\leq$ تؤسس لوجود قياس احتمالى شبه متوافق أو متوافق كلياً، مع $\leq$. ويضع المصادرة السادسة التى تؤدى إلى وجود احتمال كمى -ذاتي- متوافق تماما مع الاحتمال الكيفى المبنى سلفاً. وهذا الاحتمال الكمى يحول المقارنة بين الأفعال إلى مقارنة بين الأعداد، مما يؤسس لحساب الخيارات. ونستنبط هذا الاحتمال الكمي. وأخيراً، لإتمام حسبنة حساب الخيارات، يستنبط سافاج وجود الاقتران النافع.

من هنا يصبح فعل ما أقل استحسانا من فعل آخر، إذا كان أمل منفعته أصغر عددياً من الأمل الآخر، والمقارنة بين الأفعال تصبح المقارنة بين آمال منافعها.

وتبين إعادة بناء رشدى راشد لبرهان سافاج، أن نظام الاستنباط يطبق نظام الدلالات، بمعنى أن التجميع الدلالى للقضايا الاحتمالية، والاحتمال الكيفي، والاحتمال الكمى والمنفعة، هذا التجميع الدلالى يحكم مراحل البرهان الرياضى نفسه. ودالة المنفعة تتبع دالة الاحتمال الشرطى الكمى المتوافق، وتتبع دالة الاحتمال الشرطى الكمى المتوافق، دالة الاحتمال الكيفي، وفى نهاية التحليل، تتبع دالة الاحتمال الشرطى الكمى المتوافق، الاختيار المشروط للأفعال. وضوابط السلوك تضبط سلوك "رجل السوق" هى الضوابط التى لا بد أن يختبرها "رجل الاحتمال".

٤-٨- العام داخل ما قبل العلم

وقد قاد "رجل الاحتمال" ومشكلات تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية، رشدى راشد إلى البحث فى علم الميكانيكا وعلم المناظر وغيرهما من العلوم الطبيعية التى سبق أن مرت بالدور الغير الشكلي، الغير الرياضي. ففى أثناء البحث فى تاريخ المناظر قبل الرياضية كشف رشدى راشد عن دور اسحق نيوتن ثم رنيه ديكارت ثم ابن الهيثم حيث انفصلت المناظر الفيزيائية عن المناظر الهندسية، ثم عاد إلى اقليدس. أما بالنسبة للميكانيكا فقد عاد إلى جاليليوثم جاليليو فى المتن اللاتينى ثم كشف عن الدور العربى فى تاريخ تطور علم الميكانيكا قبل الترييض الحديث.

من جهة أخرى، كشف رشدى راشد، فى أثناء البحث فى التوافيق عند ليبنيتز وريمون لول ومثلث بليز بسكال بخاصة وفى القرن السادس عشر الميلادى بعامة، عن التوافيق العربية الكلاسيكية. وكشف من جهة ثالثة عن الطابع النظرى الخالص للرياضيات العربية واتصالها بالتصور المحدد للحداثة العلمية. من هنا تعددت صور المعرفة قبل العلمية الحديثة-الكلاسيكية. وتفككت القطيعة التامة بين العلم وما قبل العلم. وأدخل رشدى راشد أدوات أخرى كأداة "التقليد" وغيرها من الأدوات الجديدة فى كتابة تاريخ الرياضيات وفلسفتها.

وأدى عمل رشدى راشد إلى رفض تصور تكوين الروح العلمى فى المدرسة الفرنسية منذ القرن التاسع عشر الميلادي. كان تكوين الروح العلمى ينقسم إلى ثلاث مراحل تاريخيـــة كبري. وأخـــذ ســـان سيمـــون (١٧٦٠-١٨٢٥)، عن طبيب مغمور من معاصريه، هو الدكتور بوردان *BURDIN* أن العلوم بدأت تخمينية، ثم تدرجت إلى الحال العلمى بحسب بساطة موضوعها، فتكونت الرياضيات، وتبعها الفلك، فالكيمياء. وكان هذا الطبيب يقسم تاريخ العقل الإنسانى إلى ثلاثة عصور : الأول تخمينى يذهب من تعدد الآلهة إلى إله واحد،

والثانى وسط بين التخمين والواقعية يذهب من تصور علة غير منظورة إلى تصور القوانين، والثالث وضعي-علمى يرمى إلى تفسير العالم بقانون واحد. وتواصل قانون " الدرجات الثلاث" الذى كشف عنه بوردان، فى الفكر الغربى إلى أجست كومنت. فإن دراسة الإدراك الإنسانى من الجهات كافة، وخلال الأزمان كافة، يدلنا على قانون ضرورى يخضع له العقل، نستبينه من وقائع النظام الاجتماعي، والتجاريب التاريخية المتوارثة. فإن أفكارنا الأولية ومدركاتنا كافة، وكل فرع من فروع المعرفة، لابد من أن ينتقل على التوالى بثلاث حالات مختلفة. الحالة الأولى اللاهوتية أو التصورية التخيلية. والحالة الثانية الميتافيزيقية الغيبية، أو المجردة والحالة الثالثة اليقينية الإثباتية أو الوضعية. هذا هو قانون الدرجات الثلاث. وبالإمكان أن نحصر القول فى هذا القانون بأن العقل الإنسانى فيه بطبيعته كفاءة لأن ينتحى ثلاث طرق مختلفة للنظر فى الأشياء والكلمات كافة. وطبيعته فى كل من تلك الطرق تختلف عن الأخرى تمام الاختلاف، بل إننا لا نبالغ إذا قلنا إنها تتضاد تمام التضاد. من هنا ينتج ثلاثة ضروب من الفلسفة أو بالأحرى ثلاثة أساليب للتفكير فى اكتناه حقيقة الظواهر كل منها تنافى الأخرى. أما الأسلوب الأول فخطوة ضرورية يبدأ بها العقل فى سبيل تفهم الحقائق أو البحث عن مصادرها. وأما الأسلوب الثالث فيمثل العقل فى آخر حالات ارتكازه على الحقائق البارزة الملموسة. وليس الأسلوب الثانى إلا خطوة انتقالية تتوسط بين الأسلوبين.

أما العقل فى الدرجة اللاهوتية -الدينية، فإنه يبحث فى طبيعة الأشياء وحقائقها، وفى الأسباب الأولى والعلل الكاملة، يبحث فى الأصل والماهية والقصد من كل الأشياء التى تقع تحت الحس. وعلى الجملة يبحث فى " المعرفة المطلقة" وهناك يفرض أو يسلم بأن كل الظواهر الطبيعية ترجع إلى الفعل المباشر الصادر عن كائنات تختفى وراء الطبيعة المرئية .

أما فى الدرجة الثانية، فى الحالة الميتافيزيقية الغيبية، وهى ليست إلا صورة معدلة عن الدرجة الأولى، فإن العقل يستبدل فرض الكائنات السائدة على الطبيعة، بفرض قوات مجردة أو شخصيات محققة الوجود فى نظره، فى مستطاعها إحداث مختلف الظواهر. وليس ما يعنى فى هذه الدرجة من تفسير الظواهر إلا نسبة كل منها إلى مصدره الأول.

أما فى الدرجة العلمية، وهى الدرجة اليقينية، فإن العقل، يكون قد اطرح طريقة البحث العقيم وراء الأسباب المجردة، وأصل الوجود الكونى ومنقلبة، والعلل الأخيرة التى تعود إليها الظواهر، وألقى بجهوده فى سبيل معرفة السنن التى تحكمها. هنالك يتحد العقل والمشاهدة ليكونا أساس المعرفة، فإذا تكلمنا فى هذه الحال فى تفسير حقائق الكون، فلا نخرج عن إيجاد صلة بين ظاهرة من الظواهر، وبين مجموعة من الحقائق العامة التى يقل عددها تدرجا بحسب تقدم العلم اليقينى.

وصارت المرحلة الأولى عند جاستون باشلار، فى القرن العشرين، تمثل الحالة قبل العلمية وتشمل العصر الكلاسيكى القديم وعصر النهضة والجهود العلمية فى القرن السادس عشر والقرن السابع عشر وحتى القرن الثامن عشر؛

المرحلة الثانية تمثل الحالة العلمية وتمتد من أواخر القرن الثامن عشر إلى مطلع القرن العشرين؛

المرحلة الثانية تمثل الحالة العلمية وتمتد من العام ١٩٠٥ حين غيرت نظرية آينشتين فى النسبية التصورات الأولية الثابتة ثم ظهرت الميكانيكا الكوانتية، والميكانيكا التموجية، وفيزياء المصفوفات، وميكانيكا ديراك، والميكانيكيات المجردة، والفيزيائيات المجردة. والأمر الأهم فى ذلك كله أن المدرسة الفرنسية منذ القرن التاسع عشر، مع وعيها بالتباس المعرفة العلمية وبوجود مناطق غامضة وكهوف حتى لدى العقل المستنير حيث تواصل الظلال حياتها وبقاء آثار الإنسان القديم لدى الإنسان الحديث، ظلت المدرسة الفرنسية، لا ترى سوى صورة واحدة لمرحلة ما قبل م الحديث-الكلاسيكي. كذلك ظلت المدرسة الألمانية الوضعية الحديثة، لا ترى سوى صورة واحدة لمرحلة ما قبل العلم الحديث-الكلاسيكي. إذ يقول أرنست كاسيرر إن "الحضارة الإنسانية تبدأ بحالة معقدة متشابكة من حالات العقل الإنساني، وتمر كل علومنا الطبيعية -على وجه التقريب- خلال مرحلة أسطورية. فعلم الصنعة فى تاريخ الفكر العلمى يسبق الكيمياء، والتنجيم سابق للفلك. ويتقدم العلم وراء هذه الخطوات الأولى إذا هو استحدث مقياسا جديدا، أى معيارا منطقيا للحقيقة مختلفا."[٢٥] كذلك ظلت المدرسة الإنجليزية الوضعية الحديثة، لا ترى سوى صورة واحدة لمرحلة ما قبل العلم الحديث-الكلاسيكي. إذ يقول هـ. وهـ. أ. فرانكفورت إنه "إذا بحثنا عن الفكر التأملى فى سجلات الأقدمين، اضطررنا إلى الاعتراف بأن ليس فى مدوناتنا إلا النزر اليسير مما يستحق أن يدعى "فكراً" بمعنى الكلمة الدقيق. قليلة هى العبارات التى تنم عن التعليل المنظم المتماسك وعن قوة الإدراك الذى نقرنه بالتفكير."[٢٦]

فى منظومة رولان بارت، ينهض النظام الدلالى الثالث من بين الأنظمة الدلالية فى النظم العلامية، على نظام الأسطورة. يتضافر النظام الأول-النظام الدلالى الأول من بين الأنظمة الدلالية فى النظم العلامية هو نظام المدلول الذاتى *dénotation*. هنا تتكون العلامة من دال ومدلول- والنظام الثاني- النظام الدلالى الثانى من بين الأنظمة الدلالية فى النظم العلامية هو نظام التضمين *connotation* أو سياق الدال- لإنتاج الأيديولوجيا فى صورة الأسطورة.

وقد لقيت الأساطير عناية بالغة من الدارسين منذ أواخر القرن الثامن عشر وحتى اليوم، بسب الاهتمام بالآخر الغير غربى الشرقي، بخاصة. والمسألة الرئيسة فى الأبحاث المتعلقة بالأساطير هى : كيف نشأت

الأساطير؟ أولى الأجوبة على هذا السؤال كانت نظرية أويهميروس الذى عاش فى القرن الرابع قبل الميلاد. وذهب إلى أن الأساطير ليست غير صور عجيبة لأحداث تاريخية، ثم خلع عليها المبدعون طابعا أسطوريا. وهذه النظرية أخذ بها بعد ذلك بثمانية قرون لاكتانس والقديس أوغسطين لتأسيس الهجوم على الوثنية. وقد أخذ بهذه النظرية فى القرن التاسع عشر مورودى جونس وأ. هوفمن. فقالا إن الأساطير وثائق تاريخية جملها الخيال. ثم جاء هربرت سبنسر، فقال إن الأساطير هى فى أصلها مغامرات قام بها أشخاص حقيقيون، رفعهم بنو أقوامهم إلى مراتب الآلهة. والنظرية الثانية هى نظرية الرمزية. وهى أيضا قديمة ترجع إلى أفلوطين وفرفوريوس اللذين قالا بأن الأساطير رموز على مذاهب فكرية معينة. وقد أخذ بهذه النظرية الرمزية فى مستهل القرن التاسع عشر الميلادي، فريدرش كرويتسر وشلنج. كيف ينبغى أن تفهم الأساطير؟ ما مدلولها؟ كيف حدثت؟

تلك هى الأسئلة التى استعادها الدارسون فى القرن العشرين ومن بينهم رولان بارت فى كتابه عن "علم الأساطير" (١٩٥٧)، وكلود ليفى شتروس فى كتابه "الأنثروبولوجيا البنيوية"، الفصل الحادى عشر، بنية الأساطير، باريس، بلون، ١٩٥٨ و١٩٧٤، وقال سيجموند فرويد فى "تفسير الأحلام" إن : "البلاغ الحالك الذى ينحدر إلينا عبر الملاحم والأساطير عن العصور الأولى للمجتمع الإنسانى يرينا ما لا تطرب له النفس من مطلق سلطان الأب ومن قساوته فى مزاولة هذا السلطان. فكر ونوس قد التهم أبناءه مثلما يفعل الخنزير الوحشى بخلف أنثاه، وجاء زوس فأخصى أباهِ ونصب نفسه سيدا فى مكانه.وكلما خلا سلطان الأب فى العائلة من كل قيد، وجد الابن نفسه بالضرورة –وهو الوريث المنتظر– فى موقف العدو من أبيه، ونفد بالضرورة صبره وهو يترقب الظفر بالسيادة عبر موت أبيه."

والبلاغ الحالك الذى ينحدر إلى رشدى راشد عبر الملاحم والأساطير عن عصور تاريخ العلم الإنسانى يريه ما لا تطرب له النفس من مطلق سلطان الغرب. لكن لم يجيء رشدى راشد لينصب المسلمين سادة فى مكان الغرب، كما يفعل الكثيرون، إنما فرق رشدى راشد بين صور عديدة للعلم فى المرحلة الأسطورية الأولى. وكشف فى المرحلة الأسطورية الأولى، عن علم فى اللغة العربية إلى جانب الغيب الديني.

من جهة أخرى، بين رشدى راشد تعدد أساليب استعمال الرياضيات، وتعدد صور العلم، وتعدد المعقولات، وتعدد صور استعمال الأدوات التحليلية فى تاريخ العلوم، وتاريخ الرياضيات، وتاريخ نظرية المعرفة، وتاريخ التصورات.

وكشف رشدى راشد عن تعدد صور المعقولات *RATIONALITÉ/RATIONALITÄT* –مصطلح ظهر عام ١٨٣٤– ومن ثم العقلانيات *RATIONALISMES*.. ويشتق مصطلح *RATIONALITÉ* من الكلمة

اللاتينية *RATIONALIS*، وتعنى "المعقول" أو الصفة العقلية. تعددت إذن صور المعقول *RATIONALITÉ*أو صور الرياضيات *MATHESIS*. ونفى رشدى راشد إمكان الكلام على عقلانية *MATHESIS* واحدة أو على رياضة واحدة. وهو النفى المرفوض بعامة فى التاريخ الغربى –بما فى ذلك التاريخ التقدمي– للرياضيات وفلسفتها. فقد بحث الغرب وظل يبحث –عدا بعض الاستثناءات النادرة جداً– عن وحدة لا تاريخية للرياضيات المتفرقة فى التاريخ. والمسألة المحورية فى هذا السياق هى : هل تشهد المتون الرياضية *MATHEMATA* على وحدة الرياضيات *MATHESIS* أم تشهد على تعدد الرياضيات *MATHESEIS*؟[٢٧]

سُمِى العلم الذى تصور رنيه ديكارت ذات ليلة أنه كشف عنه، باسم *MATHESIS*، وسُمِى مشروع ليبنيتز بالاسم نفسه. وتم استعمال الاسم نفسه من بعد إدموند هوسرل، للإشارة إلى معنى مختلف قليلا، هو الاهتمام العقلى الذى حدد، منذ جاليليو، فى القرن السابع عشر الميلادى وإلى دافيد هلبرت، فى القرن العشرين، روح العلم الغربي، وحدد ضوابطه الصريحة، الظاهرة من خلال ازدهار صور التشكيل النظري–الصورى المختلفة. ويعلم مَنْ يرجع إلى الجذر اليونانى للفظ *MATHESIS* فى اللغات الأجنبية، أن اللاحقة *MA* فى الكلمات *prag-ma* و *mate-ma* و *noe-ma* وفى غيرها من الكلمات المشابهة، تشير إلى مفعول العمل، أو إلى نتيجة العمل، التى يدل عليها الفعل من الجذر نفسه، وأما الأسماء المنتهية باللاحقة *sis* كمـــا فـــى *praxis*، و*mathe-sis*، و*noe-sis*، فهى تحيل إلى حركة العمل نفسه. ومن هنا فإذا كانت الرياضيات بمعنى *mathematique* هى متن *mathemata*، أى متن المبرهنات المنتجة فعلا، والتى براهينها مكتوبة أو قيد الإعداد للكتابة، فإن الرياضيات، بمعنى *mathesis*، تعنى الأشكال المضبوطة من صياغة النشاط الرياضي، وصيغ تكوين نواة الفهم والضوابط العقلية، والخليقة بتأمين إنتاج العبارات، والتأسيس لتسلسلها وأحيانا لتوليدها الغير المتناهي. بعبارة أخرى، تسمى الرياضيات، بمعنى *mathesis*، هى الجهاز الافتراضى القادر على تأمين وضبط إنتاج *mathemata* وتوليدها. وتحيل الرياضيات، بمعنى *mathemata*، إلى تاريخ الرياضيات، من جهة، وتحيل إلى إمكانية اختبار أن مخطوطات تاريخ الرياضيات تستند على عدد منتهى من قواعد التكوين الصريحة، بحيث يؤسس استعمال هذه القواعد لمعرفة ما إذا كانت عبارة ما تتبع أولا تتبع الوضع الرياضي. ولا ينطبق التقدير إلا على حد الكلمات والعبارات المقبولة، وفقا للقواعد المعطاة، ووفقا لأبجدية محددة سلفا. لكن مسألة "حقيقة" تلك العبارات تبقى خارج نطاق الحل.

فلنفترض متن المبرهنات التى تؤسس لكتاب "الأصول" لأقليدس. ومن البدهى أن الكتاب يحتوى على الرياضيات بمعنى *mathemata*. وبالإمكان أن نعتبر هذه المنظومة بوصفها منتجا نهائياً، ومجرداً من ذاتية الرياضي، أقليدس، فالأهم، فى سياق الرياضيات بوصفها *mathemata*، هو المنتج النهائي. فهل يطابق ذلك

المنتج *mathemata* ما سمى بالرياضيات بوصفها *mathesis*؟ فهل يطابق ذلك المنتج ما سمى بمنظومة الصيغ المضبوطة التى قد تؤمن الإنتاجية النظرية للمنظومة، وقد تحدد مجال الإمكانات الإجرائية؟

ليس الهدف هو بيان حياة الرياضى المبدع. وليس الغرض هو إعادة بناء طريقته فى الكشف العلمي. وليس القصد هو الاستعانة "بعلم نفس الابتكار" إنما المقصود هو الجواب على السؤال : هل تحيل المتون الرياضية إلى نواة منتجة؟ كيف تحيل المتون الرياضية إلى نواة منتجة؟ تلك هى المسألة الجوهرية.

إذا ضربنا مثلا بالمبرهنة الثانية من المقالة الثانية عشر من كتاب "الأصول" لأقليدس(٢٨)، فإن المبرهنة تنص على : "أن نسبة مساحات دائرتين تساوى نسبة تربيع قطرهما."، وتقيم النسبة بين قياسين مختلفين : مساحة مسطح محدود بخط منحن، من جهة، ومساحة مربع، من جهة أخرى. وإذا كان بالإمكان قياس مساحات محدودة بخطوط مضلعة، فإن قياس مساحة محدودة بخط منحن، يثير مشكلة. والمشكلة نفسها ترد فى سياق البحث فى القياسات الخطية (الأطوال). كان القوس والوتر، لدى اليونان القدماء، كائنين متميزين الواحد عن الآخر. وليس يكفى معرفة تحديد طول الوتر لكى نقدر تعريف طول القوس. وبالتالى فكيف بالإمكان قبول الدائرة وقوس الدائرة ككميات مستقلة؟ كيف بالإمكان إضافة كائنات جديدة كطول قوس الدائرة، ومساحة الدائرة، وغيرها من الكائنات، إلى القياسات القانونية المستقرة كطول قطع المستقيم، ومساحة المضلعات، وغيرها من القياسات المستقرة، بحيث تطبق كائنات جديدة كطول قوس الدائرة، ومساحة الدائرة، وغيرها من الكائنات، القوانين التى تخضع إليها القياسات ؟ كيف بالإمكان بناء "توسيع صحيح"؟

يقوم التوسيع الصحيح على إقامة نسبة بين النوع الأول من الكميات والنوع الثانى من الكميات المذكورة. وبالتالى تنتمى الكائنات الجديد كمساحة الدائرة ومربع القطر، إلى مجال، هو نظام التناسب، وفيه تتألف فيما بينها وفقا للقوانين نفسها. ولكى نكتب $C/C'=d^2/d'^2$ ، نعود إلى كتاب "الأصول" لأقليدس، الشكل الخامس، من المقالة الخامسة(٢٩). فالميزة البارزة للمقالة الثانية عشر من "الأصول" هى تطبيق منهج الاستنفاد. ويستقطعة نقود معدنية أقليدس للبرهان على أن نسبة الدائرة إلى الدائرة الأخرى هى كتربيع قطرهما. يقوم الشكل الخامس من المقالة الخامسة من كتاب "الأصول"، إذن، على القول إنه إذا حددنا عددين تامين مختلفين عن الصفر هما m وp، فإن

$$1)\ mC=md^2$$

يعطى

$$pC'=pd'^2$$

$2)\ mC<md^2$

يعطي:

$pC'=pd'^2$

$3)\ mC>md^2$

يعطى :

$pC'>pd'^2$

ومن هنا تنتمى الكائنات (مع الأعداد التامة) من النوع C إلى مجال فيه علاقة منظمة محددة وتؤسس للمقارنة بينها وبين الكائنات "المعتادة" من النوع $d2$، بشرط مفهوم أن نقدر أن نبرهن على المساواة : $C/C'=d^2/d'^2$ وندرك هنا أن المثال الذى ضربناه (أقليدس، "الأصول"، المقالة الثانية عشر، الشكل الثاني) للدلالة على الرياضيات بمعنى *MATHEMATA*، أنه يشهد على انتماء إلى مجال معين، وإلى نطاق ممكن، حيث يؤدى فيه دورا محدداً. وهذا الدور ليس دورا أقليديا كما ورد فى كتاب "الأصول" لأقليدس، إنما كما ورد فى نظرية النسبة لدى أدوكس، وهذا بالضبط معنى الرياضيات بوصفها *MATHESIS*، أى أنه قد تم إعمال تصور النسبة فى مثال أقليدس بوصفه نواة تضبط إمكانات قبول الموضوعات. فالعلاقة $C/C'=d^2/d'^2$ لا يمكن أن تمارس وظيفتها -كمبرهنة-، وهى بناء توسيع مضبوط، إلا حين البرهان عليها فى مجموعة مبرهنات قانونية بالبرهان بالخُلف. وقد سبق أن برهنا، فى متن "الأصول"، أنه، إذا وضعنا، فى دائرتين، هما C وC'، مضلعات P وP' ، فإن نسبة مساحات المضلعات تعدل نسبة مربعات قطر دوائرها. لكن المضلعات أختيرت اختيارا عشوائيا، لأن المعيار الوحيد هو التشابه. وبالإمكان، فى إطار الرياضيات اليونانية، أن نضعف تضعيفا لا نهائيا، عدد أضلاعها، فعلاقة النسبة مستقلة عن عدد الأضلاع. وإذا افترضنا أن مضلعا منتظماً بعدد ن أضلاع، لِ ن ينمو لا نهائيا، فإن المضلع يختلف عن الدائرة الواقع داخلها، ونستخلص :

$$C/C'=d^2/d'^2$$

من دون برُهان قاطع، ومن هنا المشكلة. ولا بد إذن من البرهان على صحة أو خطأ المساواة المحددة فى مجال تلك الكائنات التى كان اليونان يسمونها باسم "الكميات". وكانت الكميات التى كان اليونان يستقطعه نقود معدنية كالأطوال، والمساحات، والحجوم، تقيم منظومة منظمة تماما من خلال العلاقتين >و<، وتخضع هاتان

العلاقتان، عدا علاقة المساواة، فى مجال "الكميات"، إلى قانون التقسيم الثلاثي، ففى المثال الذى نفترض فيه كميتين A وB، فإن لدينا ثلاث حالات ممكنة وحسب وهى الحالات التالية :

$$A = B; A < B; A>B.$$

وللبرهان على صحة $A=B$، فلابد من البرهان على خطأ $A<B;A>B$ ، ومن هنا هيكل البرهان المطلوب، فلا بد من البرهان على كل من الفرضين التاليين يؤدى إلى التناقض :

$$C/C'>d^2/d'^2 \text{ و } C/C'<d^2/d'^2$$

لكن ليس بالإمكان بلوغ التوسيع المطلوب -إضافة مساحات من النوع C إلى المساحات من النوع P- من دون اللف والدوران، أى من دون الحفاظ على اتساق نظام المبرهنات ومن دون الإبقاء على الجوهر المتميز لموضوعات C وموضوعات P- وفى المثال المحدد هنا، هى الدائرة والمضلع المحاط، مهما تعددت أضلاعه-. ويشهد اللف والدوران على إضافة أفعال رياضية فى مجال مضبوط، وحيث يتكون تدفقها، وحيث يتم تدقيق لحظات تعلمها. كذلك يقوم مبدأ الثالث المرفوع، ومبدأ التقسيم الثلاثي، مقام النواة الضابطة، ويقوم مبدأ ثبات "الجوهر" مقام حد المجال الرياضي. ومن هنا يتحدد معنى الرياضيات *MATHESIS* كموضع إنتاج الرياضيات بوصفها *MATHEMATA*.

ولنتتبع مراحل تحليل البرهان الأقليدي. كيف بالإمكان إلغاء الفرضين :

$$C/C'>d^2/d'^2 \text{ و } C/C'<d^2/d'^2$$

وفى مثال تناقض الفرض $C/C'<d^2/d'^2$ ، ما الأدوات ؟

١- أولا، من خلال نظرية التناسب، لا نعرف مدى صحة $C/C'=d^2/d'^2$ ، لكن بالإمكان افتراض أن أحد الكائنين من النوع C، والكائن C، تمثيلا لا حصراً، هو كمية. إذا كان لدينا الكميات الثلاث $C,d^2/d'^2$ فإن نظرية التناسب تقدم لنا أسلوباً لإيجاد النسبة الرابعة، فنكتب $C/M=d^2/d'^2$ ، والرابطة بين هذه المساواة والافتراض $C/C'<d^2/d'^2$ ، تنتج اللامساواة $M<C'$

٢- إذا كتبنا الشكل الأول من المقالة العاشرة من كتاب "الأصول" لأقليدس والتى سميت باسم مصادرة أرشميدس[٣٠]، كتابـــة اصطلاحيـــة حديثة، قلنا إنه إذا افترضناα و β كميتين إثنتين، بحيث $\alpha < \beta$ ، فإن هناك عددا تاما m بحيث $(1-p)^m \beta < \alpha$ ، مع $P<1/2$ وتحتوى هذه العبارة على شكل ثنائي، فبالنسبة إلى $\beta > \alpha$، يوجد عدد تام n بحيث $n\alpha > \beta$ ، وهو الشكل المعروف اليوم

تحت اسم "مصادرة أرخميدس"، وهو كذلك الشكل الذى يلغى من مجال الكميات، العناصر التحليلية، أى الكميات الزائلة، بالمعنى الذى حدده، بعد ذلك التاريخ، ليبنيتز، فى القرن السابع عشر الميلادي. ومهما كانت الكمية $\beta.(1-p)^m=$ ، فهى تظل متناهية. وتتسق مصادرة أرخميدس اتساقا تاما مع المقتضيات المنطقية المحددة ومن بينها حذف الصيرورة من مجال الكائنات الرياضية، على الأقل، فى صورة مبهمة للكمية فى لحظة تحولها. وكان أرسطو قد حذف اللامتناهى بالفعل من مجال كتاب "الفيزيقا" (المقالة الثالثة). وأما المنهج البرهانى فهو استعمال العبارة الواردة فى كتاب "الأصول" لأقليدس (المقالة العاشرة، الشكل الأول)، من خلال الخيار المناسب للكميتين α و β. فقد اختار أقليدس لـــ β مساحة إحدى الدائرتين (C' ، تمثيلا لا حصراً)، ولـــ α مساحة المضلع (المربع، تمثيلا لا حصراً)، المحاط بالدائرة، وقرر أن مساحة الدائرة أكبر من مساحة المضلع المحاط بها، ويكفى هنا تتبع العبارة الواردة فى كتاب "الأصول" لأقليدس (المقالة العاشرة، الشكل الأول)، مـــن خـــلال افتراض أن : P_1' هى مساحة المضلع الأول المحاط بالدائرة C، ونختاره على النحو التالى :

$C'-P'_1<1/2C'$، ونواصل ذلك، حتى بلوغ المضلع، ومساحته Pn، بحيث $C'-Pn<1/2\ (C'-P_{n-1})$ وبالتالى فبالنسبة إلى n يزيد، إذا أشار الحرف t إلى مساحة ما، فإننا نقدر أن نكتب أن $C'-P_n<t$.

٣- الشرط الذى لا بد لمساحة t أن توفره هو أن تتجانس مع C' و P_n' ، وسبق أن كتبنا $M<C'$ ، وهى العلاقة التى تؤسس، فى الحساب الأقليدي، الذى كان يجهل الأعداد السالبة، تؤسس، إذن، العلاقة لكتابة الطرح : $C'-M$ ، ونختار، إذن، عدد الأضلاع n، والمحاطة بالدائرة C' ، بحيث $t=C'-M$ ، مما يعطى $C'-P_nM<C'-$، وبالتالى $M<P_n$.

٤- يكفي، إذن، أن نرتد إلى الدائرة C وأن نحيطه بـــ n أضلاع، حيث كل ضلع على حدة، يشبه المضلع من الصف نفسه والمحاط بالدائرة C' ، ونعلم، من خلال مبرهنة سبق البرهان عليها، أن $P_n/P'_n=d^2/d'^2$ وسبق أن حصلنا، فى المرحلة الثالثة من البرهان على $P_n/P'_n=d^2/d'^2$ ، ونعلم أن $P_n<C$ ، ومن هنا فإن الرابطة بين العلاقات $P_n/P'_n=C/M$ و $P_n<,C$ ، وبالتالى $M<P_n'$ ، والنتيجة الـــرابعة تتناقض مع النتيجة الثالثة من نتائج البرهان ككل. وبالتالى فالفرض المختار $C/C'<d^2/d'^2$ ، هو افتراض لاغي، وبالإمكان إقامة الاستدلال نفسه لإلغاء الافتراض $C/C'<d^2/d'^2$ ، ولا يتبقى سوى العلاقة الوحيدة الممكنة، وفقا لمبدأ التقسيم الثلاثي، ألا وهى العلاقة: $C/C'<d^2/d'^2$

وبالتالى فتحليل المبرهنة الواردة فى كتاب "الأصول" لأقليدس **(المقالة الثانية عشر، الشكل الثاني)** قضت بالإحالة إلى "منطقة نظرية" معينة كواسطة لبناء البرهان. **وتحدد هذه المنطقة مجالا تعمل فيه مجموعات** مبادئ إثراء نظام الإمكانات الإجرائية وغلقه. **فقد أسس مبدأ الثالث المرفوع، والتقسيم الثلاثى لعلاقة الترتيب،** وبقاء الجوهر، وتمهيدية أودكس الواردة فى كتاب **"الأصول" لأقليدس، أسس ذلك كله للعلاقة** $C/C'<d^2/d'^2$، وكما أسست هذه المبادئ لتوسيع، أى لقبول موضوعات من النوع C فى مجال القياسات، فقد حالت المبادئ نفسها دون بعض أنواع الإجراءات وحالت دون المجال الرياضى للموضوعات المتعلقة بهذه الإجراءات، كالانتقال إلى الحد والكميات التحليلية. ومنهج الاستنفاد (أو إفناء الفرق) *method of exhaustion* والبرهان القياسى هما، إذن، المنهجان اللذان قادا إلى التوسيع المطلوب. والجدير بالذكر أن منهج الاستنفاد كان منهج ثابت بن قرة فى مبرهنته التى تحمل اسمه، كما كان منهج الرياضيين العرب بعامة فى حساب المساحات والأحجام المنحنية، أى التى تحدها، ولو جزئيا، خطوط منحنية، وغيره من جوانب هذا القطاع المتقدم من البحث الرياضى فى اللغة العربية فى القرن التاسع الميلادي، وصاغ بن الهيثم طريقة الاستنفاد صياغة حسابية فى سياق تحديد حجم الكرة.

تبقى المنطقة النظرية التى تحيل إليها المبرهنة ١٢، ٢، من "الأصول"، ممثلة بوضوح لنظام الضبط القادر على توسيع مجالات الموضوعات ومتون العبارات، وهو كذلك النظام الذى يقدر أن يحدد صيغ إنتاج بعض أنواع العبارات، فى الوقت نفسه الذى تلغى فيه الإجراءات بعض الأنواع الأخرى كإلغاء الافتراض $C/C'<d^2/d'^2$

وفى مجال الإمكانات المحددة على هذا النحو، تتكامل إجراءات الإلغاء وإجراءات الإنتاج، ويضبط قطعة نقود معدنية ما المتزامن الأشكال الصحيحة لقبول الموضوعات والخواص، أى أشكال قبول الرياضيات بوصفها *MATHEMATA*. من هنا فالرياضيات بوصفها *MATHESIS*، هى نمط عمل النظام الدقيق لإجراءات إنتاج، **تؤمن قبول العبارات** والموضوعات، وتزن المجالات الإجرائية، وتنظم متون القضايا فى نظم متسقة، **وفى هذه الحدود الدقيقة، تضبط** توليدها اللامتناهي. من هنا **فالرياضيات بوصفها** ***MATHESIS*****،** **هى نمط يؤسس بقدر ما ينفي**، هى نمط يمنح صفة الإبداعية للأفعال الرياضية، بقدر ما يحدد عجز مجالها. ففى بعض عجز مجالها، تلف الرياضيات بوصفها *MATHESIS* وتدور حول إثراء متن العبارات (مثلا، استنفاد الفرق، هو دوران حول الانتقال إلى الحد). وفى بعض العجز الآخر، تعجز الرياضيات بوصفها *MATHESIS* عن إنتاج اللف والدوران، وذلك بوصف *MATHESIS* وحدة النظام الذى يؤمن قطعة نقود معدنية. لم يكن حساب أقليدس يعرف الأعداد السالبة، تمثيلا لا حصراً، ولم تلف الرياضيات بوصفها *MATHESIS* لملء هذا الفراغ، ولم تكن غيبة هذه الأعداد محددة، وأما فى قياسات الكميات من النوع C، المحدودة بالخط أو السطح المنحني، فقد فتح تصور الإنتاج مجال الإمكانات حيث بالإمكان إجراء التوسيع

المطلوب. والرياضيات بوصفها *MATHESIS*، هى مركب من العلاقات، ونظام من إمكانات التطبيق لموضوع معين من موضوعات المعرفة. بعبارة أخرى، الرياضيات بوصفها *MATHESIS*، هى "مبني" محدد نظرياً، بنيته لا مرئية بنحو مباشر من خلال البحث فى النصوص الرياضية، وقد لا يبين الرياضيون أنفسهم، فى متونهم ونصوصهم ومخطوطاتهم، هذه البنية، وإن كانت ليست غير إجرائية. وهذا الحضور المائل للرياضيات بوصفها *MATHESIS*، هذا الحضور للموضوع الغير المحدد فى صورة موضوعات محددة، هو كحضور "النحو" فى اللغات الطبيعية (العربية، الإنجليزية، الفرنسية)، فلا رياضيات *MATHEMATIQUE* من دون الرياضيات بوصفها *MATHESIS*. لكن وحدة الرياضيات لا تقوم على وحدة الذات، ولا على الجواهر، ولا على الحدس، إنما تنهض على دراسة المتون الرياضية نفسها والعبارات الرياضية نفسها والنصوص الرياضية نفسها والمخطوطات الرياضية نفسها، كما حقق رشدى راشد ودرس وترجم وشرح فى عمله كله، وكما أشرنا فى المثال السابق الوارد فى كتاب "الأصول" لأقليدس (١٢، ٢). ويتيح هذا المنهج المجال للبحث فى مختلف صور *MATHESIS*، أى فى مختلف صور وحدة الرياضيات. وسبق أن أشرنا فى الفصل الأول من الباب الأول من هذا الكتاب إلى أن هناك أمراً عميقاً فى الواقع التاريخي. هناك ثلاثة أنظمة من الحساب وليس حساباً واحداً :

١- الحساب الهندي؛

٢- حساب اليد ؛

٣- الحساب الستيني.

1) Roshdi Rashed 'La' mathématisation 'de l'informe dans la science sociale : la conduite de l"homme bernoullien" in Colloque tenu à l"institut d"histoire des sciences à l"université de Paris, sous la direction de Georges Canguilhem, Paris, 1972 p. 73.

2) Jean-Jacques Rousseau, Du contrat social, Preface et notes par J. L. Lecercle, Paris, ES, 1971.

3) Philippe Wehrle, préface de Ferdinand Gonseth, L"univers aléatoire,1956; Annales de l"Institut Henri Poincaré. Probabilités et statistiques, 1938; Henri Poincare, Calcul des probabilités : {cours de physique mathématique}, 1987; Dominique Foata, Calcul des probabilités : cours, exercices et problèmes, 1998; Alber, Shemaya Levy, Albert Krief, Calcul des probabilités : exercices 1972; Albert Tortrat, Calcul des probabilités et introduction aux processus aléatoires, 1971; Alber Pasquier, Eléments de calcul des probabilités et de théorie des sondages, 1969; Paul Jaffard, Initiation aux méthodes de la statistique et du calcul des probabilités, 1996; Claude Dellacherie, Probabilités et potentiel [5] Chapitres XVII à XXIV, Processus de Markov [fin], 1992; Walder Masieri, Statistiques et calcul des probabilités : cours et travaux pratiques, 2001; Daniel Revuz, Probabilités, Paris, Hermann.

٤) آرسطو، التحليلات الثانية، المقالة الأولى، الفصل ٢٤، فصل البرهان الكلي، ٨٥ب٢٥-٣٥، فى كتاب "منطق أرسطو"، ج٢، حققه وقدم له د. عبد الرحمن بدوي، وكالة المطبوعات، الكويت، دار القلم، بيروت-لبنان، ط١، ١٩٨٠، ص ٤٠٨-٤٠٩ .

٥) بن رشد، تلخيص ما بعد الطبيعة لأرسطو، ط١، القاهرة، المطبعة الأدبية، من دون تاريخ، ص ١٥-١٦.

٦) أبو يعرب المرزوقي، "ابستمولوجيا أرسطو"، من خلال منزلة الرياضيات فى قوله العلمي"، ليبيا، الدار العربية للكتاب، ١٩٨٥، ص ١٥٦ .

J.T. Desanti, L'explication en mathématique, pp. 57-71, in : L. Apostel, G. Cellerier, J. T. Desanti, R. Garcia, G.G. Granger, F. Halbwachs, G. V. Henriques, J. Ladrière, J. Piaget, I. Sachs, H. Sinclair de Zwaart, L'explication dans les sciences, Paris, Flammrion, 1973. J.T. Desanti, Les idealités mathématiques, Paris, Editions Le Seuil, novembre 1968. J.T. Desanti, La philosophie silencieuse, ou critique des philosophies de la science, Paris, Editions Le Seuil, 1975. Hans Georg GADAMER, Wahrheit und Methode : Grundzuge einer philosophischen Hermeneutik, Tubingen, Mohr, 1960 (in Gesammelte Werke, Tubingen, Mohr, 1985ff, Band 1), Truth and Method, Verita e metodo. Lineamenti di un ermeneutice filosofica, (1960), Vérité et méthode, traduction Pierre Fruchon, Jean Grondin et Gilbert Merlio, Paris, Seuil, 1996; Jean GRONDIN, Hans Georg GADAMER : Eine Biographie, Tuebingen : Mohr Siebeck, 1999.

7) R. Descartes, Discours de la méthode, Paris, Vrin, 1976, sixième partie, pp. 60-78.

8) R. Descartes, Les principes de la philosophie, in Oeuvres philosophiques, tome 3, édition de F. Alquiè, Paris, Garnier,1973, troisième partie, $ 49, p. 253.

9) R. Descartes, Les règles pour la direction de l'esprit, in Oeuvres philosophiques, tome 1, édition de F. Alquiè, Paris, Garnier, 1963, $$ 12, 13, pp. 134-166.

10) R. Descartes, Les règles pour la direction de l'esprit, in Oeuvres philosophiques, tome 1, édition de F. Alquiè, Paris, Garnier, 1963, $ 12, p. 158.

11) R. Descartes, Les principes de la philosophie, in Oeuvres philosophiques, tome 3, édition de F. Alquiè, Paris, Garnier,1973, troisième partie, $$ 43-46, pp. 247-250.

12) R. Descartes, *Les principes de la philosophie, in Oeuvres philosophiques, tome 3, édition de F. Alquiè, Paris, Garnier, 1973, Première partie, $ 24, pp. 233-234.*

13) R. Descartes, *Les principes de la philosophie, in Oeuvres philosophiques, tome 3, édition de F. Alquiè, Paris, Garnier, 1973, Quatrième partie, $ 204, pp. 521-522*

١٤) (بسكال، الأفكار، الشذرة ٥٩٩-٩٠٨: "هل من المحتمل أن الاحتمال يطمئن؟" ص ٥٨٤ من بسكال، الأعمال الكاملة، باريس، لوسوى، ١٩٦٣).

١٥) شذرة ٦٥٣-٩١٣، ص ٥٨٨.

١٦) المرجع السابق .

١٧) المرجع السابق .

١٨) بسكال، الأعمال الكاملة، باريس، لوسوى، ١٩٦٣، ص ٤٣-٤٩.

19) *Oeuvres de Pierre Fermat, I, La théorie des nombres, Textes traduits par Paul Tannery, Introduits et commentés par R. Rashed, Ch. Houzel, G. Christol, Paris, A. Blanchard, 1999.*

٢٠) جوتفريد فيلهلم ليبنتز، "المونادولوجيا"، الفقرة ٣٧ وحتى ٤١، ت د. عبد الغفار مكاوي، القاهرة، دار الثقافة، ص ١٤٥-١٤٧؛ ليبنتز، "المبادىء العقلية للطبيعة والفضل الإلهي"، الفقرة ٨، ت د. عبد الغفار مكاوي، القاهرة، دار الثقافة، ص ١١١.

LEIBNITZ Godefroi-Guillaume, Oeuvre concernant le calcul infinitésimal, traduit du latin par Jean PEYROUX, Paris, A. Blanchard, 1983; Oeuvre mathématique autre que le calcul infinitésimal, Fascicule 1 : Arithmétique, Algèbre, Analyse, suivi de La Dissertation sur l'Art Combinatoire de LEIBNITZ, et de La Machine Arithmétique de Blaise PASCAL, traduit du latin en français avec des notes de Jean PEYROUX, Paris, A. Blanchard, 1986; Oeuvre mathématique autre que le calcul infinitésimal, Fascicule 2 : Correspondance avec Oldenburg, Newton, Collin, Wallis. Suivi de lettres à Othon Mencke, Shulenberg, Fatio de Duiller, Dangicourt. Traduit du latin en français avec des notes de Jean PEYROUX, Paris, A. Blanchard, 1987; Oeuvre mathématique autre que le calcul infinitésimal, Fascicule 3 et dernier : Correspondance avec Hermann, jacques Bernoulli, Eckhard, etc...Traduit du latin en français avec des notes de Jean PEYROUX, Paris, A. Blanchard, 1989.

21) *Gilles-Gaston Granger, La mathématique sociale du Marquis de Condorcet, Paris, Editions Odile Jacob, 1989. Gilles-Gaston GRANGER, Pensée formelle et sciences de l'homme, Paris, Aubier, 1960; Méthodologie économique, Paris, PUF, 1955.*

22) *R. Rashed, Mathématique et Société, Paris, Editions Hermann, 1974.*

رشدى راشد، "كوندورسيه : الرياضيات والمجتمع"، سلسلة المعرفة، باريس، دار هرمان، ١٩٧٤. تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة الأسبانية عام ١٩٩٠ لكن كاتب هذه السطور عاد إلى الأصل الفرنسى المذكور أعلاه؛ "تطبيق رياضيات الاحتمال فى العلم الاجتماعي"، أعمال المؤتمر الثانى عشر لتاريخ العلوم، ج٩، باريس، بلونشار، ١٩٧١، ص ٥٥-٥٩. فى اللغة الفرنسية؛ "ترييض العقائد غير الشكلية فى العلم الاجتماعي"، "ترييض العقائد غير الشكلية"، تحرير جورج كونجيلام، باريس، هرمان، ١٩٧٢، ص ٧٣-١٠٥. فى اللغة الفرنسية؛ "الأيديولوجيا والرياضيات : مثال الانتخاب فى القرن الثامن عشر"، وحدة إصدارات كلية الفنون والعلوم، مونتريال، ١٩٧٢ (فى اللغة الفرنسية)؛ "كوندورسيه"، الموسوعة العلمية والتكنولوجية (آرنولدو موندادوري، ١٩٧٥. فى الأصل فى اللغة الإيطالية ثم تمت الترجمة الفرنسية فى كتاب "من الثورة إلى الثورة"، قطاع خاص، ١٦، ١٩٨٦، ص ٣٤-٣٦ ؛ -الاحتمال الشرطى والعلية، مسألة فى تطبيق الرياضيات، ج. بروست وأ.

شفارتز (تحرير)، "المعرفة الفلسفية، محاولات حول عمل جيل جاستون جرونجيه"، باريس، دار المطبوعات الجامعية الفرنسية، ١٩٩٤، ص ٢٧١-٢٩٣. فى اللغة الفرنسية.

23) *R. Rashed, Probabilité conditionnelle et causalité : Un problème d'application des mathématiques, in La connaissance philosophique, Essais sur l'oeuvre de Gilles-Gaston Granger, Textes réunis par Joelle Proust et Elisabeth Schwartz, Paris, PUF,1995, p. 274.*

24) *R. Rashed, Probabilité conditionnelle et causalité : Un problème d'application des mathématiques, in La connaissance philosophique, Essais sur l'oeuvre de Gilles-Gaston Granger, Textes réunis par Joelle Proust et Elisabeth Schwartz, Paris, PUF, 1995, p. 277.*

Roshdi Rashed "La " mathématisation " de l'informe dans la science sociale : la conduite de l'homme bernoullien "in Colloque tenu à l'institut d'histoire des sciences à l'université de Paris, sous la direction de Georges Canguilhem, Paris, 1972, p. 86.

٢٥) أرنست كاسيرر، "مدخل إلى فلسفة الحضارة الإنسانية أو مقال فى الإنسان"، ترجمة د. إحسان عباس، مراجعة د. محمد يوسف نجم، بيروت-لبنان، دار الأندلس، ١٩٦١، ص ٣٥٠، وهى ترجمة للكتاب فى اللغة الإنجليزية : *Ernest Cassirer, An Essay On Man, Yale University Press, New Haven, 1944.*

٢٦) هـ. فرانكفورت، هـ. أ. فرانكفورت، جون أ. ولسن، توركيلد جاكوبسن، "ما قبل الفلسفة"، الإنسان فى مغامرته الفكرية الأولى، دراسة فى الأساطير والمعتقدات والتأملات البدائية التى ظهرت فى مصر ووادى الرافدين، والتى نشأت عنها الأديان والفلسفات فى الحضارات اللاحقة، ترجمة جبرا إبراهيم جبرا، مراجعة محمود الأمين، منشورات دار مكتبة الحياة، فرع بغداد، ١٩٦٠، صـ ١٣. وهى ترجمة للكتاب فى اللغة الإنجليزية : *Henri Frankfort, H. A. G. Frankfort, John A. Wilson, Thorkild Jacobsen, Before Philosophy, Pelican Books, 1949, 1951, 1954.*

27) *Jean-Toussaint Desanti, La philosophie silencieuse, ou Critique des philosophies de la science, Paris, Seuil, 1975, pp. 196-219.*

٢٨) أقليدس، "الأصول"، الشكل الثانى من المقالة الثانية عشر، فى :

Marshall Clagett, Archimedes in the Middle Ages, Volume 1, The Arabo-Latin Tradition, The University Of Wisconsin Press, Madison, 1964, Book XII, Prop. 2 : P. 5; P. 60n; P. 202; P. 61; P. 220 c60-61; P. 254 v 18; P. 262, P. 25-28.

٢٩) أقليدس، "الأصول"، الشكل الخامس من المقالة الخامسة، ترجمة الحجاج بن يوسف بن مطر مع شرح أبى العباس الفضل بن حاتم النيريزي، وترجمة لاتينية لرسمس أولسن بستهورن ويوهن لدفج هايبرج، القسم ٣، معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، جامعة فرانكفورت، ألمانيا، ١٩٩٨، ص ٣٨-٤٠ : "إذا كان مقداران أحدهما أضعاف الآخر وفصل منهما مقداران وكان فى المفصول من أضعاف المفصول مثل ما فى الكل من أضعاف الكل فرن ما فى الباقى من أضعاف المفصول مثل ما فى الكل من أضعاف الكل."

٣٠) أقليدس، "الأصول"، الشكل الأول من المقالة العاشرة، فى :

Marshall Clagett, Archimedes in the Middle Ages, Volume 1, The Arabo-Latin Tradition, The University Of Wisconsin Press, Madison, 1964, Book X, Prop.1 : P. 5, P. 60n; P. 68, l. 20; P. 78, c 19-21.



الباب الخامس

التاريخ التطبيقى للعلوم

"كنت أدرس نصًا لليوناردودى بيزا عن مسألة فى التطابق الخطى، ولم أفهم منه شيئًا. لأنه كان مستغلقًا. ثم كشفت ، خلال أبحاثى، نصًا للحسن بن الهيثم عن مسألة التطابق الخطى نفسها. وعندئذ بدا إلى، أن نص ليوناردو دى بيزا، عن مسألة التطابق الخطى، كان اقتباسًا، بشكل غير مباشر، من نص الحسن بن الهيثم ففهمت، عندئذ، علة المسألة ".

رشدى راشد

"الحق أن أعظم الأسباب فى رواج العلم وكساده هو رغبة الملوك فى كل عصر وعدم رغبتهم " .

الحاج خليفة

"ما من شك فى وجوب الاهتمام بأمر العلم فى بلادنا إذا كنا جادين حقًا فى إصلاح ما فسد من شئوننا، فالناس قد سئموا الأساليب البالية فيما يكتب وما يقال، وهم يتطلعون إلى قيادة فكرية جديدة، قوامها العلم لا صناعة الكلام".

على مصطفى مشرفة

ما العلم؟ كيف يؤثر؟ منذ ثلاثين سنة، يطرح الدارسون مثل هذين السؤالين. ولا يزالون قلة، فى الولايات المتحدة وأوروبا، أولئك الذين يدرسون سياسة العلم، أو سوسيولوجية العلم، أو علم اجتماع العلم. وإذا عرفنا أنه لا يمكن تحديد الوضع أو الشرط الإنساني، من دون العلم والتقنية، ندرك إلى أى مدى ينبغى تضافر العلم والتقنية مع العلوم الأخرى السياسية والفلسفية والاجتماعية والأنثروبولوجية.

فى الباب الأول من هذا الكتاب بينا برهان رشدى راشد أن الطريق، فى تاريخ العلوم، إلى الكشف العلمي، ليست طريقا مباشرة ولا طريقا قصيرة. وفى الباب الثانى من هذا الكتاب صح لنا أن نتساءل ما هى الأدلة على أن رشدى راشد قد طبق هذه الخطة فى بحوثه وسلك سبيلها عملاً وفعلاً ؟ فإن وضع الخطط شئ وتنفيذها شئ آخر. أما الوجهة الفلسفية فقد كانت محور الباب الثالث : الفلسفة كما صاغها الرياضيون العرب لا كما صاغها الفلاسفة الخلص. وفى الباب الرابع من هذا الكتاب بينا أن أساس بحث رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية هو البحث فى ترييض العلوم الاجتماعية أو ما سمى باسم "الصياغة الرياضية" للعلوم الاجتماعية وبنيتها الرياضية. ويعود الانتباه الأصلى إلى ترييض العلوم الاجتماعية كعقائد لاشكلية، فى إطار عمل رشدى راشد–كما أشرنا إلى ذلك فى سياق الكلام على "الرياضيات المزدوجة أو التطبيقية"– ومحتوياتها، نلاحظ أن مشكلة السَمْطقة اللامتناهية *unlimited semiosis*، أى العلاقة العلامية بين الشكل الرياضى والمضمون الاجتماعى، التى تتكون منها الرياضيات التطبيقية، تنطرح على الدوام –فى إطار العملية اللامتناهية الافتراضية التى تحل من خلالها العلامة أو مجموعة العلامات محل علامة أو مجموعة علامات أخرى– عندما نفكّر فى وضع العلوم الاجتماعية غير الرياضية، أى فى تفسير العلامة غير الرياضية بمفسرة *interpretant* – هى العلامة الرياضية. ومن دون هذا الإحلال المتبادل بين العلامات، أى من دون الالتباس فى "الرياضيات الخالصة" ومتناقضاتها الدلالية، يعجز الدارس عن استعمال الصور والمجاز، من

جهة، كما يعجز الباحث عن ترحيل نظرية قائمة *Théorie confisquée* ، بحسب اصطلاح جورج كونجيلام *Georges CANGUILHEM*، إلى مكان آخر ولأهداف أخرى.

ذلك كان سؤال رشدى راشد العلمى التطبيقى الأصلى قبل أن يدخل مجال التأريخ للرياضيات العربية. ومن هنا لا يكرر رشدى راشد سؤال عمانوئيل كانط حول تطبيق الرياضيات فى مجال الفيزياء كما سبق أن حاول كانط بعامة، وفى رسالة ١٧٧٠ *DE MUNDI SENSIBILIS ATQUE INTELLIGIBILIS FORMA ET PRINCIPIIS* اللاتينية. كان سؤال رشدى راشد يدور حول العلاقة بين الرياضيات من جهة، وبين العقائد الغير الشكلية *DOCTRINES IN-FORMELLES*، من جهة أخرى، أوبين الرياضيات والعقائد *DOCTRINES* الخالية من النظرية. وكلمة العقائد *DOCTRINES* تشتق من الكلمة اللاتينية *DOCTRINA* المدرسية الدينية الوسيطة تشتق بدورها من المصدر *DOCERE* الذى صار فى اللغة اللاتينية العامية *DOCERE* فى ضوء *DICERE* أى *DIRE* أي القول.

انطلق رشدى راشد من موقف العلوم الاجتماعية كعلم الاجتماع والاقتصاد وعلم النفس، التى هى أشبه بعلوم تعيش فى العصور الوسطي، ولم تنضج بعد النضج الحديث. ووصف هذا الموقف بأنه يمدنا بعلوم هى أشبه بمبادئ أو آراء دينية، فلسفية، فقهية، وتنسب إلى أحد المفكرين أو إحدى المدارس. وهى علوم نقلية- تعليمية. ومن خصائص المذهب التعليمى أن تكون مبادئه وحقائقه متصلة بالعمل، لا أن تكون مجرد حقائق نظرية، ولذلك قيل إن الفرق بين العلم والمذهب التعليمى أن العلم يشاهد ويفسر، والمذهب التعليمى يحكم ويأمر ويطبق. ومذهب التعليم عند العرب مذهب الباطنية الذين يدعون أنهم أصحاب التعليم، والمخصوصون بالاقتباس من الإمام المعصوم.

ويمثل التاريخ التطبيقى للعلوم الجزء الثانى من مشروع رشدى راشد المتعلق بالرياضيات التطبيقية. فقد كان الجزء الأول من هذا المشروع هو البحث فى تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية.

يمثل التاريخ التطبيقى للعلوم، إذن، الجزء الثانى من مشروع رشدى راشد المتعلق بالرياضيات التطبيقية. يعنى رشدى راشد "بالتاريخ التطبيقى للعلوم" كيفيات الاستفادة من تاريخ العلوم للإسهام فى التحديث العلمى فى مصر والوطن العربى وبلدان ما سمى بالعالم العربي. وذلك من طريق إنشاء المدينة العلمية، وإعادة النظر فى تصور الترجمة العلمية وسياستها على أساس من ربط الترجمة بالإبداع العلمى وربط العلم باللغة. كان أحد الأغراض التى رمى رشدى راشد إليها من مشروعه الرياضي-التاريخي-الفلسفي، أن يدعوبنى وطنه وسائر الناطقين بالضاد إلى الاهتمام بشأن العلم والمسائل العلمية ، وأن يبين لهم ما للعلم من أثر عظيم فى تحديث الدولة والمجتمع فى العالم العربي. لذلك طاف بنواحى العلم، فعرج على كل ناحية منها وبين ما للعلم فيها من أثر واضح ، وما يرجى منه من تحديث وتطوير وتنمية وتوعية، وقد راح يسوق الحجة تلو

الحجة ، للتدليل على مكانة العلم وأهميته ، وكان لا يطمع أن يصل صوته إلى أبعد من دائرة ضيقة ، هى دائرة الخاصة ، من ذوى العقول الراجحة ، وقليل منهم ! أما العامة من الناس فلا يقنعهم المنطق ، ولا يخضعون لسلطان العقل، لذلك أسقطهم من حسابه وجبره، إن جاز التعبير. مع ذلك لم يعد بعد اليوم حاجة إلى التدليل على أهمية العلم ، لأن الدليل قد صار ملموسا.

٥-١- علم بلا ضفاف

والعلم بالمعنى الذى أوضحه على مصطفى مشرفة يسمى فى بعض الأحيان بالعلم البحت تمييزا له عن العلم التطبيقى أو التكنولوجيا[١] . والعلاقة بين العلم البحت والعلم التطبيقى تشبه العلاقة بين العلم والعمل، بين النظرية والعمل. فالكيمياء تمثيلا لا حصرا، هو أحد العلوم البحتة، وهى دراسات يقصد بها معرفة تفاعلات العناصر والمركبات معرفة موضوعية. والعالم الكيميائى إنما يعنى بالوصول إلى هذه المعرفة . والكشوف الكيميائية إنما هى الزيادة فى هذه المعرفة. أما الكيمياء الصناعية فعلم تطبيقى يقصد به تطبيق الكيمياء على الصناعة واستخدام نتائج العلم البحت فى خدمة الصناعات البشرية ، فالعلوم التطبيقية إذا ليست علوما بالمعنى الدقيق وإنما هى صناعات أو فنون ، أو هى كما يسميها الغربيون باسم التكنولوجيا.

وعاد على مصطفى مشرفة إلى تاريخ العلوم وكشف عن قدم اشتغال الدارسين بالعلوم البحتة وطلب المعرفة، فالمصريون والبابليون والإغريق والعرب بحثوا عن الحقيقة الموضوعية شغفا بها. وليس هذا بغريب إذ أن الطفل فى حداثته شغوف بطلب المعرفة ولوع بمعرفة ما لم يكن يعرف. هذا التعطش إلى إدراك الحقيقة جزء لا يتجزأ من النفس البشرية يلازم الإنسان من المهد إلى اللحد، وهو قوة يستخدمها المربون فى تعليم النشء وتثقيفه كما انه عامل أساس فى تطور الحضارة. على أنه إذا كان حب المعرفة متأصلا فى نفوس الناس جميعا فان التفرغ للعلم والعناية به، من خواص الخاصة دون العوام ، فمن لم يتذوق حلاوة العلم فى صغره شب جاهلا ، بل إن الكثيرين ممن تعلموا ووصلوا إلى درجة متقدمة من المعرفة فلم يجدوا فى العلم متعة أو لذة فكرية. وفى العصور الماضية من التاريخ بعامة وفى العصر العربى بخاصة كان الحكام والأمراء يقربون العلماء ويعترفون بفضلهم وييسرون لهم عيشهم لكى يتمكنوا من القيام بواجبهم السامى فى خدمة العلم. ولولا ذلك لما ازدهرت العلوم فى العصر الأموى ولما كانت الحياة العلمية فى الأمة قوية ، ولو أنها كانت محصورة فى الصفوة. ولما انتقلت معارف العرب إلى العلماء فى أوربا نهجوا نهج العرب وقام أمراؤهم وملوكهم باحتضان الحركة العلمية وتشجيعها فأسست الجامعات فى القرون الوسطى وبخاصة فى القرنين الثانى عشر والثالث عشر .. ثم تلا ذلك -وعلى مصطفى مشرفة هنا سجين الأيّديولوجية السائدة فى تاريخ العلوم الأوروبية- النهضة الفكرية فى أواخر القرن الخامس عشر وأوائل السادس عشر فأنشئت

المجامع العلمية فى القرن السابع عشر وازدادت الحياة العلمية والفكرية نشاطا وحركة بين الأوربيين حتى وصلت إلى ما هى عليه الآن.

ولقد امتد ميدان العلم إلى الآن واتسعت أرجاؤه حتى صار من الصعب أن نجد بحثا من البحوث لم يتناوله أو شأنا من الشؤون لم يعالجه –وعلى مصطفى مشرفة هنا أيّضا سجين الأيّديولوجية السائدة فى تاريخ العلوم الأوروبية–. مع ذلك فقد حد على مصطفى مشرفة العلم بحدود معينة هى كما أسلفنا :

١- غرض العلم هو الوصول إلى المعرفة ،

٢- يستخدم العلم فى بحثه نتائج الخبرة المباشرة من طريق الحواس كما يستخدم التفكير المنظم ؛

٣- وأما عن دائرة العلم فهذه هى الطبيعة أو هى كل ما يمكن أن يشاهد بطريق مباشرة أو غير مباشرة.

إذا ذكر مشرفة التفكير البشرى وبين أن لا حدود له فإنما قصد التفكير الحر المطلق من قيود الجهالات وأغلال الأساطير والخرافات. فطالما رزح الفكر تحت هذه السلاسل مكبلا بها ، ولطالما عانت البشرية من جراء ذ لك وبالا. ففى القرون الوسطى كانت درجة حرية الفكر ضئيلة ولذا كانت دائرة البحث العلمى ضيقة، ولم يكن يجسر أحد على إعلان رأيّه حتى فى أبعد الأمور عن النظم والعادات وأن يرمى بأشنع الطعون وأى شيء أبعد عن المجتمع البشرى وأقل اتصالا بمادته من حركات الكواكب فى أفلاكها؟

ومع ذلك فإن كوبرنيكوس لما قام يدلل على حقيقة هذه الحركات فى المجموعة الشمسية ويبين أن الشمس هى المركز الذى تدور حوله الأرض والكواكب جميعا حورب حربا شديدة. ولم يرد مشرفة أن يخوض فى أمر هذه الاضطهادات التى منى بها العلم والعلماء فى القرون الوسطى فإن خبرها شائع، وإنما ساقها للتدليل على أهمية حرية الفكر كشرط من شروط انتشار العلم بدونه لا يرجى للعلم تقدم أو نمو وبه يمكن من أداء رسالته لا تحده إلا قوانين العقل . لهذا نما العلم واتسعت دائرته فى العصر الحديث .

وهناك صفة أخرى يتميز بها كل قول يقول به العلم وكل رأى يصدر عن عالم ألا وهى صفة تقرير ا لواقع. فالعلم إذ يتحدث إنما يتحدث عن الوقائع التى تقع تحت سمعنا وبصرنا وسائر حواسنا. وهولا يتحدث عما يقع تحت بصر زيد أو عمر ومن الناس بل عما يستطيع كل إنسان أن يتحقق منه بنفسه ومن ـلريق حواسه، وفى كل هذا يصوغ العلم علاماته فى صورة خبرية بعيدة عن ميول النفوس وإنما هو يقدر الأمر الواقع من حيث هو وبصرف النظر عن أثره فى النفس البشرية.

هذه المعانى مجتمعة هى ما يعبر عنه العلماء بقولهم إن العلم إنما يتعرض للوقائع ولا يُعنى بالقيم . والقيم هنا لفظ يدل كل ما ارتبط بأغراض البشر من معان تقوم بالذهن ولا تدل على أمر واقع فى الخارج. فالعلم إذ نظر إلى ظاهرة من ظواهر الطبيعة كغروب الشمس ، تمثيلا لا حصرا، حاول أن يصفها كما يجدها كحقيقة واقعة فى الخارج ، فنظر إلى الحركة النسبية بين الأرض والسماء التى ينشأ عنها اختفاء الشمس تحت الأفق ونظر إلى قوانين هذه الحركة وأنظمتها ، كما نظر إلى الإشعاع الصادر عن الشمس وولوجه فى جوف الأرض وتأثر هذا الإشعاع بجزئيات الهواء وبالجسيمات الأخرى التى تعترض سبيله وما ينشأ عن هذا من احمرار يقاس بطول موجة الضوء وهكذا أما ما يحدثه غروب الشمس فى نفس الناظر من شعور بالجمال أو إعجاب بالطبيعة ورهبة من اقتراب الليل ، فكل هذه أمور لا تدخل فى حساب العلم ولا ينصب نفسه لتحصيلها. المقصود أن العلم يرسم لنفسه دائرة لا يخرج عنها هى الدائرة التى يقدر أن يعمل فيها معتمدا المشاهدة المباشرة، من جهة، والمنطق، من جهة أخرى. فكل ما وقع تحت الحس يقع فى دائرة العلم ولا يخرج عن هذه الدائرة إذن إلا ما استحال التحقق من وجوده ، ومعنى هذا فى الواقع إنما هو أن دائرة العلم تتسع لكل ماله وجود فى الخارج.

وإذا أردنا أن يكون لنا مكان معلوم بين أمم الأرض المتحضرة وأن نتبوأ البيئة اللائقة بنا بين الممالك والشعوب لابد أن نضاعف اهتمامنا بالعلوم الحديثة وأن نجعل منها أسسا ثابتة نبنى عليها صرح حياتنا الوطنية.

ليس العلم والخبرة الفنية سلعة تباع وتُشترى بل هما نتيجة التحصيل والدرس، والمران. وليس هناك طريق توصل إلى القوة من دون اجتياز صعاب الكد، والأمة التى يقعدها الكسل عن المساهمة فى مجهود البشر العلمى والصناعى وتظن أنها تستطيع أن تعيش عالة على ما تنتجه قرائح غيرها من الأمم ، هذه الأمة إنما تعيش فى حلم سرعان ما تتنبه منه لتجد نفسها مهدره الكرامة. ومن أفظع الخطأ الذى يقع فيه الكثيرون ممن يعتبرون أنفسهم قادرين على التفكير فى المجتمع أن يظن أنه يكفى الاهتمام بالناحية الصناعية العملية وحدها. هؤلاء القوم يفخرون عادة بأنهم قوم " عمليون" فهم لا يعنون بالبحوث الفلسفية التى تصمها عقولهم بوصمة العبث. فالتقدم الصناعى فى نظرهم بل والحياة كلها مسألة عملية. وإذن فالواجب أن تحصر الأمة همها فى الناحية العلمية. فمثلا إذا كان المطلوب صنع طائرات فإنه يكفى أن ننشئ مصنعا للطائرات على نمط المصانع الأوربية أو الأمريكية وأن نعد له مهندسين عمليين يقومون بإدارته ، وعمالا ميكانيكيين يتولون العمل فى المصنع . وأصحاب هذا الرأى يسلمون معنا بأن إعداد المهندسين والعمال يقتضى تعليمهم بعض العلوم النظرية كالرياضة البحتة والرياضة التطبيقية وعلم الطبيعة ، ولكنهم ينظرون إلى الاقتضاء كضرورة لا مفر منها. أما التبحر فى دراسة المعادلات الرياضية وفلسفة العلوم الطبيعية فإنه نوع من الترف.

ولكى يدلل على مصطفى مشرفة على عظم الخطل الذى ينطوى عليه هذا الرأى أفترض جدلا أننا أنشأنا مصنعا فى مصر على الطريقة التى يريدونها. هذا المصنع وعدده التى سنشتريها من الخارج سيتكلف المال طبقا إلا أن هذا المال سيكون قد صرف فى الحصول على أشياء مادية ترتاح إليها نفوس أصدقائنا العمليين. أقيم هذا المصنع إذن وبدأ فى عمله المصانع فى البلاد التى نقلناه عنها أو على الأصح من الطراز الذى كانت تخرجه هذه المصانع يوم أن نقلناه عنها . وبعد مرور خمسة أعوام سيكون عندنا عدد من الطائرات من طراز التى كان يصنعها غيرنا منذ خمسة أعوام. وبعد مرور عشرة أعوام سيكون عندنا عدد أكثر من الطائرات من طراز مضى عليه عشرة أعوام . وهكذا إلى أن يتجمع عندنا متحف كبير من الطائرات قديمة الطراز. ونكون قد صرفنا الأموال الطائلة فى إعداد هذه الآثار التاريخية التى لا تصلح لشيء إلا أن تكون عبرة لنا ولغيرنا ممن تحدثهم نفوسهم باتباع هذه الطريقة. ذلك أن صناعة الطائرات فى تطور مستمر. وفى الطائرات الحربية بخاصة تتوقف نتائج العمليات الحربية على السبق فى مضمار هذا التطور ثم إن هذا التطور إنما ينبنى على نتائج البحوث فى علم حركة الهواء. فكل مصنع من مصانع الطائرات فى البلاد الصناعية متصل بطائفة من العلماء فى حركات الطائرات فى الهواء ، وأوتوا من المقدرة على دراسة العلوم الرياضية والطبيعية ما يمكنهم من متابعة أبحاثهم ودراساتهم. وليس فى وسع مهندس يشرف على عملية صنع الطائرات أن يتفرغ للبحث العلمى فى علم حركة الهواء. إننا لا نقدر أن نجعل من كل مهندس عالما رياضياً وطبيعياً.

ومن الحمق أن يظن أننا نقدر أن نعتمد الذين باعوا لنا أجهزة المصنع أو على غيرهم من المشتغلين بصنع الطائرات أو بتحسين نوعها فى تحسين طائراتنا فنحن ننافسهم فى ميدان الصناعة والمنافس لا يعمل على ترجيح كفة منافسة . ألا نرى إذن أننا حين حصرنا همنا فى تشييد المصنع بحجة أننا قوم عمليون وأهملنا دراسة العلوم الرياضية والطبيعية ، إنما كان مثلنا كمثل من عنى بالصرح ولم يعن بالأساس الإبستمولوجي.

لذلك كان على مصطفى مشرفه قد دعا إلى تدوين العلوم باللغة العربية بحيث تصبح اللغة العربية غنية بمؤلفاتها فى مختلف العلوم ، ولا شك فى أننا فى أشد الحاجة إلى كتب عربية فى كل فرع من فروع العلم. ففى حين نجد كل لغة من اللغات الحية غنية بكتبها ومؤلفاتها العلمية تنفرد اللغة العربية بفقرها فى المؤلفات العلمية ولا يكاد يوجد كتاب واحد فى أى فرع من فروع العلم يمكن اعتباره مرجعا أو حجة. والكتب التى تظهر يكون مستواها عادة منخفضا لا يزيد على مستوى التعليم الثانوى أو المرحلة الأولى من التعليم العالى وهذا الأمر جد خطير فإننا إذا لم ننقل العلوم إلى اللغة العربية ولم ندونها بقينا عالة على غيرنا من الأمم وبقيت دائرة العلم فى مصر محصورة فى النفر القليل الذين يستطيعون قراءة الكتب الأجنبية العلمية وفهمها.

وحالنا اليوم تشبه ما كانت عليه حال العرب فى القرنين الثامن والتاسع أو ما كان عليه حال أوربا فى القرون الوسطى. فالعرب تنبهوا إلى ضرورة نقل علوم الإغريق إلى اللغة العربية فقام الخلفاء والأمراء بتشجيع العلماء على الانقطاع إلى النقل والتأليف ولعل القارئ يذكر المكتبة الكبرى فى أيام الخليفة المأمون التى كانت تعرف بخزانة الحكمة وأن كثيرا من علماء ذلك العصر كانوا منقطعين إليها يشجعهم على ذلك ما تحلى به المأمون من الرغبة فى العلم ، "وقد كان من نتيجة هذا كله أن صارت اللغة العربية لغة العلم والتأليف وبقيت محتفظة بسيادتها العلمية على لغات الأرض جميعا عدة قرون."[٢] وعلى الدولة ألا تضن بالمال الواجب إنفاقه فى هذا السبيل. "والطريقة المثلى لذلك هى أن تعهد الدولة للقادرين من العلماء فى كل فرع من فروع العلم بنقل الكتب العلمية وتأليفها وأن تقوم الدولة بطبع هذه الكتب ونشرها. ولابد من تضافر العلماء فكل كتاب ينقل أو يؤلف يجب أن تقوم عليه لجنة تجمع خيرة من تخصصوا فى موضوع الكتاب ولا يخفى ما فى هذا العمل من مشقة وماله من ارتباط بتطور اللغة العربية العلمية ومصطلحاتها. والتأليف العلمى هو الوسيلة الطبيعية لنحت هذه المصطلحات فى اللغة العربية، فكل لغة حية إنما تنمو عن طريق التأليف والكتابة. واللغة العلمية وليدة التفكير العلمى ، والمصطلحات العلمية فى اللغة العربية فيما بين القرن التاسع الميلادى إلى القرن السابع عشر الميلادى إنما نشأت بالطريقة نفسها التى نشأت بها فى اللغات الأوروبية بعد ذلك، ونتجت عن نمو العلم والتأليف. ومن العبث أن يقوم مجمع بفرض المصطلحات على المؤلفين فرضا وإنما تأتى مهمة المجامع بعد مهمة المؤلفين لا قبلها فالمجمع اللغوى يجمع ما ورد فى الكتب العلمية من مصطلحات ويدونها ويفسرها.

وموضوع التأليف العلمى وارتباطه بحياتنا الفكرية إنما هو جزء من موضوع أعم ألا وهو العلاقة بين ثقافتنا العلمية الماضية والمستقبلة وهو موضوع الأسس التى يجب أن نبنى عليها صرح مجهودنا العلمي. فالثقافة العلمية فى كل أمة عنصر مهم من عناصر ثقافتها العامة ، وكما أن الأمة المتحضرة تكون لها ثقافة أدبية ترتبط بتاريخها وتتجسم فى لغتها، "كذلك تكون للامة المتحضرة ثقافة علمية ترتبط بتاريخ التفكير العلمى فيها وتحتوى ما ابتكرته عقول أبنائها من الآراء والنظريات العلمية وما وصلت إليه من الكشوف فى سائر ميادين البحث العلمى وما نقلته وهذبته واستساغته من آراء غيرها مما دخل فى صلب المعرفة البشرية على مر العصور والأجيال."[٣]

وقد وصل رشدى راشد بنحو فريد الثقافة العلمية العربية بالماضى العربى فاكتسبت بذلك قوة متميزة فى البحث الدولى فى تاريخ العلوم بعامة، وتاريخ العلوم العربية بخاصة. وبفضل إسهامه الفذ فى التأريخ للرياضيات العربية وفلسفتها، عدنا لا ننقل المعرفة عن غيرنا. صارت متصلة بماضينا وبتربيتنا فهى بضاعة من داخل عليها طبيعة طبيعية ، طبيعية فى اللفظ وطبيعية فى المعنى ، إذا ذكرت النظريات قرنت بأسماء

عربية صار المرء منا يتبين معالمها وإذا عبر عن المعانى فبألفاظ واضحة. وينبغى أن نقول إن رشدى راشد عمل على إرساء هذا التجديد. فقد حقق وقدم ودرس المخطوطات العلمية التى وضعها علماء العربية ونقل عنها الغربيون ككتب الخوارزمى وأبى كامل فى الجبر والحساب وكتب ابن الهيثم فى الرياضيات وكتب البوزنجانى والسموأل والكرجى وإبراهيم الحلبى وابن سينا والفارابى والكندى والقوهى وابن سهل وشرف الدين الطوسى ونصير الدين الطوسى وعمر الخيام وبنى موسى وابن قرة وإبراهيم ابن سنان والخازن وابن هود والبيرونى وغيرهم من قادة التفكير الرياضى العربي. بعض هذه الكتب والمخطوطات محققة الآن، ولم تعد محفوظة فى مكتبات ومتاحف الأرض ومغاربها، ويعرف عنها الدارسون العرب فى العالم كما يعرف العالم ويقومون بترجمتها وشرحها والتعليق عليها وينشرون هذا كله بلغات أجنبية فى مجلاتهم العلمية. تولى الدارسون العرب أنفسهم تلك المهمة فى مراكز الأبحاث العالمية العلمية. وقدم رشدى راشد السلف من العلماء العرب فكان لنا فى ذلك حافزا للاقتداء بهم وتتبع خطاهم. وقد بذل بعض الجهود فى هذا السبيل فى السابق. وعلينا فى القرن الحادى والعشرين أن نزيد فى هذه الحركة. فالتأليف العلمى وإحياء كتب العرب وتمجيد علمائهم وتوجيه الرأى العام نحو التفكير العلمى أمر له صعوبته. ومنذ مطلع العقد الثالث من القرن العشرين اتجه تفكير بعض المشتغلين بالعلوم فى مصر إلى إنشاء جمعية تشبه الجمعية البريطانية والجمعية الأمريكية لتقدم العلوم فنشأت هيئة سميت "المجتمع المصرى للثقافة العلمية" وعقدت هذه الهيئة اجتماعات سنوية ألقيت فيها محاضرات باللغة العربية ونشرت فى كتاب سنوي. ويروى على مصطفى مشرفه :"ولعلى لا أكون مغاليا إذا قلت إن مجموعة تكاد تكون فريدة فى بابها باللغة العربية لما احتوت عليه من المباحث والآراء العلمية ذات القيمة الحقيقية . ومع أن هذه الجمعية ثابرت على عقد اجتماعاتها السنوية فبقيت تؤدى رسالتها عاما بعد عام ومع أن المحاضرات والمباحث التى ألقيت فى هذه الاجتماعات السنوية كانت قيمة كما ذكرت بل وشائقة أيضا لارتباطها بما يهتم له الناس فى مصر من مشروعات عمرانية كالرى والزراعة والصناعة وغيرها. مع هذا كله فان الفارق كان عظيما وملموسا بين اجتماعات جمعيتنا واجتماع الجمعية البريطانية أو الجمعية الأمريكية فلا الصحافة خصصت أعمدتها لتلخيص المحاضرات ولا الإذاعة أدخلتها فى برامجها وأنبائها مما أدى إلى قلة إقبال الناس على حضور الاجتماع والاستماع إلى المحاضرات."(٤)

والموقف التقليدى للعلم إزاء المجتمع ينحصر فى أن العلم يعيش فى صوامعه ، وأن العلماء يبنون لأنفسهم بروجا عاجية ينصرفون وراءها إلى عملهم وينكبون على أبحاثهم لا يطلبون من المجتمع إلا أن يتركهم وشأنهم. وهو موقف الجامعات والهيئات العلمية فى القرون الوسطى وما بعدها إلى أوائل القرن العشرين وقد كان العلماء قانعين ببروجهم العاجية معتمدين المساعدات المالية التى كان يقدمها لهم أو لو الفضل من الملوك والأمراء والمحسنين الذين كان يدفعهم حبهم للعلم وشغفهم للحق إلى وقف أموالهم على العلم والعلماء .

لكن الدولة الحديثة قد صارت تعتمد العلم فى كل مرافقها بل إنها لتعتمده فى الدفاع عن كيانها ووجودها وعاد لا يكفى أن يبقى العلم معزولا عن المجتمع كم أنه لم يعد من المعقول أن تدبر الجامعات والهيئات العلمية أموالها من الهبات والصدقات. شعر المجتمع الحديث بحاجته الملحة إلى العلم فصار لزاما عليه أن يتعهد العلم وأن يحميه وأن ينفق عليه ، فالجامعات يجب أن يرصد لها فى ميزانية الدولة ما يسمح لها بالنهوض بمهمتها.

وأهم من المعونة المادية، استقلال الفكر . فالعلم لا يخضع لغير طلب الحقيقة . والجامعات والهيئات العلمية ينبغى أن تترك مستقلة لا تخضع لسلطان السياسة ولا لسلطان الجاه ولا لسلطان المال فهى تحقق أغراضها بنفسها.

فالإجابة على السؤال ما الذى يطلبه العلم من المجتمع هى أن العلم يطلب أن توفر له وسائل البحث وأن يترك مستقلا فى عمله ـــ واستقلال العلم ناشئ عن تقدم العلم . فالعلم الذى يخضع لمؤثرات سياسية أو خارجية علم باطل مآله الركود.

"ونحن لا نزال فى مصر بعيدين عن تقدير العلم تقديرا صحيحا وإحالته المكان الذى تحله فيه الأمم المتحضرة . فالعلم فى مصر ليس له مقام معلوم فى ذاته بل إنه يكتسب قيمته فى المجتمع بطريق عرضى وغير مباشر ، وبذلك تشبه الحال فى مصر من هذه الناحية ما كانت عليه الحال فى أوروبا فى القرون الوسطى وتقدير العلم لذاته يحتاج إلى درجة عالية من التقدم بين الأمم وقديما قيل " لا يعرف الفضل إلا ذووه" ولذلك فإن درجة التقدم العلمى للأمة تكون هى ذاتها مقياسا لتقدير العلم فى الأمة [...] فرجال العلم ليس لهم مقام فى الدولة بحكم أنهم رجال علم وإنما يكتسبون مقامهم بطريق غير مباشر فيرتبون حسب الدرجات المالية لوظائفهم إذا كانوا موظفين فى الدولة أو حسب جاههم وسلطانهم إذا كانوا من ذوى الجاه والسلطان . وتقدير العلم لذاته وأن كان موجودا فعلا عند بعض الطوائف الخاصة من المتعلمين إلا أنه لا يمكن اعتباره شاملا لغيرهم من الطبقات ولعلنا نذكر أن أحد وزراء المعارف السابقين جاهر أمام برلمان الأمة بأنه يرى أن هناك إسرافا فى تعليم العلوم فى مصر ، وبنى رأيه على عملية حسابية هى غاية ما تكون فى البساطة والسذاجة فى آن واحد ذلك أنه قسم عدد الجنيهات التى صرفت على تعليم العلوم على عدد الشبان الذين منحوا الدرجات العلمية ثم استكثر خارج القسمة واعتبره دليلا على الإسراف .

فكأنما العلم سلعة مادية قوامها الكم والعدد أو كأنما هو بضاعة تباع وتشترى للناس فى الأسواق ومع أننى لا أعتبر وجهة نظر هذا الوزير السابق ممثلة للرأى العام فى مصر إلا أننى أرى أن مجرد وقوع مثل هذا

الحادث فى الوقت الذى تهتم فيه الأمم جميعا بالعلم وترفع من شأنه دليلا على إننا لا نزال فى حاجة إلى تنوير الرأى العام وإرشاده ورفعه إلى المستوى الذى يسمح له بتقدير العلم تقديرا صحيحا."(٥)

كان المجتمع فى الماضى يترك أمر تطبيق العلم للاجتهاد الفردى فنشأت طائفة من المخترعين همهم الاستفادة من التقدم العلمى لخدمة أغراض معينة فى المجتمع. لكن فى العصر الحديث، صارت الدولة مسؤولة عن المرافق العامة. "والدولة لا تستطيع أن تقوم بأعباء هذه المسئوليات المتعددة إذا لم تستعن بالعلم ونتائج تطبيق العلم . يضاف إلى ذلك أن مسئولية الدولة فى هذه الأمور كلها تقتضى وضع سياسة يلحظ فيها التطور من الحال إلى الاستقبال فلا يكفى أن توفر الغذاء والكساء للامة المصرية عام ١٩٤٥ فحسب بل يجب أن نفكر فى عام ١٩٤٦ بل فى عام ١٩٥٠ وبعبارة أخرى يجب أن تكون للدولة سياسة إنشائية ثابتة فى الإنتاج الزراعى والإنتاج الصناعى وفى الصحة وفى التعليم وفى الاقتصاد ولكى نفعل ذلك يجب أن تحصى موارد الثروة فى الدولة إحصاء دقيقا وأن تستخدم هذه الموارد وأن تنمى على أساس علمى . ولأضرب لذلك مثلا ففى إنجلترا كان الإنتاج الزراعى متروكا أمره للمجهود الفردى ولذلك لم يكن إنتاج بريطانيا العظمى من الحبوب وسائر الحاصلات الزراعية لم يكن هذا الإنتاج يزيد على ثلاثة إسباغ الاستهلاك ، وفى سنة ١٩٤٢ صدر قانون بإنشاء مجلس أعلى للزراعة يهيمن على عملية الإنتاج الزراعى باستخدام الآلات الميكانيكية والأسمدة الكيمائية بعد دراسة علمية لطبيعة الأراضى ففى سنتين اثنتين أى من سنة ١٩٤٢ إلى سنة ١٩٤٤ زاد الإنتاج الزراعى بنسبة ٦٧% وصار مقدار الإنتاج كافيا لسد حاجة المستهلكين فى بريطانيا العظمى خمسة أيام فى الأسبوع بدلا من ثلاثة أيام فى الأسبوع كما كان الحال فى سنة ١٩٤٢ وأظن أن هذه نتيجة باهرة تشهد بفضل الطريقة العلمية واستخدامها لخير المجتمع ، وحكم الزراعة فى ذلك حكم غيرها من جهود الأمة فقد قامت الحكومة البريطانية وقامت الحكومة الأمريكية بوضع خطط إنشائية مبنية على دراسات علمية فأنشأت وزارات ومصالح مختلفة ترمى إلى تنسيق الجهود ودروس المشاكل على أساس علمى ووضع خطط لتنمية الموارد وتوفير الحاجات . ولا شك فى أن القارئ قد سمع بمشاريع الإنشاء والتعمير فى كل من إنجلترا وأمريكا . فأساس هذه المشاريع وجود مجالس فنية تعتمد على الدراسات العلمية فتبنى عليها سياسة ثابتة للحال والاستقبال وليس الأمر قاصرا على بريطانيا وأمريكا فمنذ بضعة أسابيع التقيت فى القاهرة بعالم هندى جاء من الهند ومعه ثلاثة علماء آخرون وقد قص على هذا العالم الغرض من سفره فقال " إن حكومة الهند قد اعتزمت إنشاء وزارة تعنى بالمشروعات العمرانية على أساس علمى تخصص لها نسبة ثابتة من ميزانية الدولة تقدر فى الوقت الحالى بمبلغ أربعة ملايين من الجنيهات على أن تضم هذه الوزارة الهيئات والمصالح العلمية فى الهند فيتكون منها جميعا مجلس أعلى للوزارة يدرس المشكلات ويضع الخطط وينظم

التنفيذ " والغرض من سفر صديقى العالم الهندى وإخوانه هو زيارة إنجلترا وأمريكا لدراسة النظم التى وضعتها الحكومة فى كل من هذين البلدين للاستفادة منها فى تنفيذ النظام المقترح فى الهند."[٦]

عنيت مصر بأمر البحوث العلمية والصناعية وتوجيهها نحو خدمة الزراعة والصناعة والاقتصاد القومي. على أن الظروف لا تزال تلح علينا فى تنفيذ هذا فالمشكلات لا تزال تواجهنا وستستمر تواجهنا فى القرن الجديد ، ولم يعد من الجائز عقلا ولا منطقا ولا ضميرا أن نعتمد على الارتجال فى حل مشكلاتنا القومية . فالارتجال اليوم معناه التخبط ولا يمكن أن يؤدى إلا إلى الفوضى فى التفكير وفى العمل على حد سواء .

وقد أدرك هذه الحقيقة محمد على فعرف أن الثروة القومية إنما تقوم على المشروعات العمرانية ، إذ أن هذه المشروعات تزيد فى مقدار الثروة الأهلية بما توجده من منشآت مستحدثة فيتضاعف بذلك الدخل القومى وتنتعش الحياة وتتولد الحركة فى جسم الأمة فتصل إلى القوة . لذلك قام محمد على بشق الترع وإنشاء القناطر والعناية بشئون الرى كما قام بإنشاء المصانع والمبانى العامة وتعبيد الطرق فازدادت بذلك ثروة مصر أضعافا مضاعفة ، وقد كان الاتجاه فى ذلك العصر بطبيعة الحال نحو الزراعة التى كانت أساس الثروة القومية فنشأ عن ذلك فى عصر محمد على وفى العصور التالية له اهتمام خاص بمشروعات الرى وصارت أمور الرى ومشروعاته تشغل الجزء الأكبر من جهود وزارة كاملة هى وزارة الري.

٥-١ البحث العلمى وتنظيمه

يروى عن إسحق نيوتن أنه سئل كيف اهتدى إلى الكشف عن قوانين الجاذبية فكان جوابه بإعمال الفكر فإسحق نيوتن، هو الذى وصل إلى معرفة قوانين حركات الكواكب ووحد قوانين الحركة بين الأجرام الأرضية والأجرام السماوية.

إن كان ينسب القول بالتطور إلى داروين وأن ينسب الكشف عن عنصر الراديوم إلى كورى أقول وإن كان ينسب إلى الأفراد إلا أنه فى الواقع نتيجة لتفكير الجماعة فلولا الكشوف التى سبقت عصر داروين فى علم الحيوان وفى علم النبات لما قال داروين بالتطور بل لولا ما كان يحيط بداروين من تفكير فى عصره لما استطاع أن يعمل ما عمله.

كذلك لولا بحوث بكرل ومن سبقه من علماء الطبيعة بل وعلماء الكيمياء ولولا التعاون الفكرى الذى كان يحيط بمدام كورى وزوجها لما استطاعا أن يفسرا اسوداد ألواحهما الحاسة بنسبته إلى شعاع خفى من عنصر

جديد . فتنظيم البحث والتفكير إذن شرط من شروط تقدم العلم ولعل هذا الشرط هو العامل الأول فى ازدياد الإنتاج العلمى فى العصر الحديث.

ينبغى " أن نعنى بالبحث العلمى فى الجامعات التى أنشأناها وفى كل جامعة أخرى نقوم بإنشائها . يجب علينا أن نذكر أن مقام الجامعة بين جامعات العالم لا يكون بعظمة مبانيها ولا بكثرة طلبتها ولا بضخامة ميزانيتها وإنما تقاس رفعة الجامعة وعلو شأنها بمقدار ما تنتجه من البحوث العلمية فهذه هى التى تنشر على الملأ بين العلماء وهى التى تبقى على مر العصور . يجب إذن أن نحرص كل الحرص على انتقاء أساتذة الجامعة من بين الذين برهنوا على مقدرتهم على البحث العلمى وشغفهم به وإرشاد غيرهم فيه ، ويجب أن نسارع إلى تشجيع الباحثين منا بكل ما تملك الدولة من وسائل مادية وأدبية . يجب أن يشعر كل مشتغل فى ميدان البحث العلمى أن عمله مقدور مشكور وأن ميدان هذا العمل هو الميدان الوحيد للتنافس بينه وبين غيره من الباحثين . وعلى أولى الأمر منا أن يعنوا أشد العناية بهذه الناحية من نواحى الحياة الجامعية وأن يضعوا هذا الاعتبار فوق كل اعتبار آخر وألا يجاروا بعض قصيرى النظر ممن يقيسون عمل الجامعة وحاجاتها بعدد الطلبة وعدد الدروس التى تلقى عليهم.

ومن ناحية أخرى يجب أن نسارع إلى إنشاء مجمع علمى يتصل اتصالا وثيقا بحياة علمائنا وباحثينا ويكون له من المقام العلمى ما لغيره من مجامع الأمم المتحضرة . وفى رأيى أن إنشاء هذا المجمع أمر لا مفر منه إذ أردنا للبحث العلمى فى مصر نموا واطرادا . واختيار أعضاء هذا المجمع عمل من أهم الأعمال وأبعدها أثراً فى مستقبل حياتنا العلمية . فالجاه والمنصب والنفوذ الشخصى كلها أمور محلية يجب أن لا نقيم لها وزنا فى اختيار أعضاء المجمع . والشيء الوحيد الذى يجب أن يدخل فى حسباننا هو المقام العلمى المبنى على الإنتاج المبتكر فى ميدان البحث العلمي. ثالثا يجب علينا أن نعنى بنشر البحوث العلمية التى يقوم بها أساتذة الجامعة وسائر المشتغلين بالبحث والابتكار. فالكثير منا يكتفى اليوم بنشر أبحاثه بالمجلات الأجنبية لما لهذه المجلات من مكانة معترف بها . لو أن ما ينشر فى كل سنة من بحوث المصريين والمقيمين فى مصر فى هذه المجلات الأجنبية لو أنه جمع ووضع بين دفتين لكفى لإخراج مجلة بل لعله يكفى لإخراج مجلات متعددة. وفى رأيى أنه قد آن الأوان لتنظيم إصدار مجلة أو عدة مجلات علمية فى مصر. وإذا أنشئ المجمع الذى أشرت إليه فإن البحوث التى تلقى فيه ستنشر بطبيعة الحال فى مجلة دورية أو نشرات متسلسلة تدون فيها بحوثه العلمية. وفى البلاد الأخرى تعرض البحوث عادة على محكمين مخصصين يقومون بفحصها وتقرير صلاحيتها أو رفضها ولا يضير المجلة أو الهيئة العلمية أن يكون المحكمون خارجين عنها فالبحث العلمى اليوم قد وصل إلى درجة عالية من التخصص الضيق بحيث لا يوجد فى العالم كله إلا نفر قليل يستطيع كل منهم أن يحكم على مستوى بحث معين. ونحن إذا سلكنا هذا السبيل فلن يضيرنا الالتجاء إلى

محكمين من غير المقيمين فى مصر كلما وجدنا ضرورة لذلك لكى نحتفظ بمستوى عال لمجلاتنا العلمية. وستكون اللغات التى تنشر بها الأبحاث هى اللغات العلمية الأربع المعترف بها فى المؤتمرات الدولية ولكن واجبنا نحو اللغة العربية ونحو أنفسنا يقضى علينا بنشر تراجم أو ملخصات عربية لكل ما ينشر.

فإذا نحن قمنا بإنشاء مجمع علمى على النحو الذى ذكرته ونظمنا نشر البحوث بالطريقة التى وصفتها فإن على الدولة أن تقوم بتخصيص المال اللازم لتشجيع البحوث والإنفاق عليها وعلى رجال العلم أن يطالبو الدولة بذلك لأنهم أبصر من غيرهم بضرورته وفائدته .

هذا إذن ملخص ما يكون عليه تنظيم البحث العلمى فى دائرته البحتة أو الأكاديمية ولقد خطونا خطوات محسوسة فى هذا الميدان. فالبحوث العلمية البحتة موجودة فعلا يقوم بها علماؤنا فى الجامعة وخارج الجامعة وينشرون فى مجلات أجنبية أو محلية. فإذا نحن نظرنا إلى البحوث التطبيقية رأينا صورة تختلف عن هذه الصورة. فكمية البحث التطبيقى فى مصر ضئيلة لا تكاد تذكر والمجال أوسع للخلق والاستحداث . فالبحث الصناعى مثلا يكاد يكون منعدما . حقيقة توجد بحوث فى الناحية الزراعية تقوم عليها بعض أقسام وزارة الزراعة والجمعية الزراعية الملكية وهذه لها قيمتها وأثرها فى تقدم الزراعة فى مصر . كما توجد بحوث تطبيقية يقوم بها بعض الأفراد والهيئات داخل الجامعة وخارجها إلا أن هذه جميعا لا تزال فى حاجة إلى كثير من التوجيه والتنظيم كما أنها فى حاجة إلى أن تتصل بالبحوث العلمية البحتة . أما فى الناحية الصناعية فإن مشكلاتنا الصناعية لا تكاد تلقى عناية تذكر . فلنأخذ مثلا صناعة التعدين نجد أن الشركات الأجنبية التى تقوم بالبحث عن المعادن بما فى ذلك البترول فى مصر تنفق أموالا طائلة على البحث الصناعى المحلى ولولا ذلك لاهتدت هذه الشركات إلى أماكن استخراج البترول والمعادن الأخرى . إنما كان الأولى أن نقوم نحن بالبحث عن هذه المعادن فى صحرائنا وأن نخصص الميزانية اللازمة لذلك . أن البحث عن المعادن يقوم على أساس علمى من التجارب وله طرائق خاصة ليست سرا على رجال العلم ولا تتطلب عمليات البحث مؤهلات علمية عالية وإنما تطلب شيئا من بعد النظر ومن التنظيم وفى رأيى أنه يجب أن يكون لنا سياسة ثابتة فى صناعة التعدين تقتضى تخصيص أموال فى ميزانية الدولة للبحث العلمى عن معادننا وما اختبأ فى جوف الأرض من ثروتنا الطبيعية.

وإذا كان صرف الأموال فى هذا البحث يستحق أن يعمل فى نظر شركات تأتينا من بعيد لهذا الغرض فإنه يجب أن يكون أكثر استحقاقا فى نظرنا نحن أهل البلاد . ولا يمكن أن توصف سياسة ترك البحث عن معادننا لهيئات أجنبية إلا بأنها قصيرة النظر . فكل قرش يصرف فى هذا البحث يعود إلى صاحبه أضعافا مضاعفة .

كذلك لننظر إلى العمليات المختلفة التى تدخل فى صناعتنا . إن كل عملية صناعية خاضعة لتطور مستمر كنتيجة للبحث الصناعى فأين الباحثون وأين الأموال المخصصة للبحث ؟ !

ذكرتُ أن أمامنا ثلاث مسائل. الأولى هى مسألة البحث العلمى البحت، وقد فرغت منها. والثانية هى مسألة البحث العلمى التطبيقى أو الصناعي. والثالثة تنظيم العلاقة بين هذين النوعين من البحوث. والنظر فى المسألة الثانية يقترن بالنظر فى المسألة الثالثة. فالبحث العلمى التطبيقى أساسه البحث العلمى البحت كما قدمت وإذن فلــكى ننظم البحث التطبيقى وجب علينا أن نبنى هذا التنظيم على البحوث العلمية البحتة."(٧)

٥-٢- التعاون العلمي الدولي

ينهض التعاون العالمى بين العلماء منذ زمان بعيد. فالعلماء فى مشارق الأرض ومغاربها يكونون أسرة واحدة تربطهم روابط وثيقة. فالعالم الأمريكى فى معمله يُتمُّ بحثا وينشره فى مجلة أمريكية باللغة الإنجليزية وبعد مدة وجيزة تكون هذه المجلة فى أيدى علماء أوربا وآسيا وأفريقيا وأستراليا فإذا هم متكاتفون على دراسة هذا البحث ثم هم بعد ذلك معقبون عليه أو ممحصون له وقد يحدث أن يثير هذا البحث اهتمام عالم فى آسيا فيقوم بتجربة متممة لتجربة العالم الأمريكى وينشر نتائجها فى مجلة يابانية بلغة أخرى كاللغة الألمانية ثم يتلقف الفكرة بعد ذلك عالم نرويجى ينشر بحثه باللغة السويدية. بل إن الذى يحدث فى كثير من الأحايين هو أن يشتغل العلماء فى قارات البسيطة المختلفة فى بحث مسألة واحدة فتتكون فرق من العلماء فى فروع العلم تجمعهم الرابطة العلمية وإن تفرقوا على سطح المعمورة.

ينهض هذا التعاون العلمى بين العلماء منذ زمان بعيد وقد نشأ عن تنظيمه والعناية به ازدياد عظيم فى تقدم العلم. وعدا تبادل المجلات العلمية بين الأمم المختلفة هناك وسائل أخرى لتحقيق تعاون العلماء كعقد المؤتمرات وتبادل الأساتذة بين الجامعات وإرسال البعثات العلمية وانتخاب أعضاء أجانب ومراسلين فى المجامع العلمية. وقد نشأ عن هذا كله أن صار العلماء فى مشارق الأرض ومغاربها ينظرون إلى أنفسهم كأسرة واحدة . وفى وسط هذا كله هناك التنافس المشروع بين العلماء جميعا.

ومما سجله على مصطفى مشرفة هو أن التعاون بين علماء الأمم المختلفة لم يكن ليتحقق لو لم يسبقه تنظيم التعاون بين علماء الأمة الواحدة. لأنها تنطبق لا على التعاون العلمى وحده ولكن تعاون منتج بين الأمم فقبل أن توجد الجمعيات التى تنظم المؤتمرات التى تشترك فيها الدول المختلفة وجدت الجمعيات التى تربط كل منها بين علماء الدولة الواحدة . وبعبارة أخرى قد كان من الضرورى أن ينشأ المجمع العلمى فى باريس

والجمعية الملكية فى لندن والمجامع العلمية فى واشنطن وطوكيو قبل إنشاء الجمعيات الدولية الدائمة فى جنيف وبروكسل .

إلا أن هذا التعاون محدود المدى فهو لا يخرج عن دائرة العلوم الأكاديمية وهى دائرة تكاد لا تمس حياتنا اليومية ، فالعلماء يشتغلون فى معاملهم ومكتباتهم وجامعاتهم ويحضرون اجتماعات جمعياتهم العلمية ويطالعون نتائج أبحاث زملائهم من العلماء ثم هو يحضرون المؤتمرات الدولية . وهم فى هذا كله بعيدون عن مشكلات الحياة اليومية لا يعنون بأمرها إلا بقدر ما يعنى الفرد العادى أو دون ذلك . ولكن لم يعد من الممكن للعلم أن يحتفظ بموقفه التقليدى إزاء المجتمع :

"وهنا يجدر بالمفكر أن يفرق بين العلم البحت الذى يرمى إلى المعرفة لذاتها وإلى نوع آخر من المجهود البشرى له صلة بالعلم وإن لم يكن منه فى شيء وأقصد به الاختراع أو العلم التطبيقى كما يسمى . ولاشك فى أن المسؤولية الحقيقة فى استخدام مثل هذه الآلات إنما تقع على الذين يقومون على استخدامها فى التدمير والتعذيب . وكل ما يمكن أن نطلبه إلى العلماء أن يبينوا الأخطار التى تنجم عن تطبيق علمهم فى اختراع مثل هذه الآلات . وعلى القائمين على تنظيم التعاون العالمى أن يسنوا القوانين لدرء هذه الأخطار وأن يعاملوا من تحدثه نفسه باستخدام نتائج العلم فى التدمير والتخريب معاملة المجرم سواء بسواء وأن يكون لديهم من سلطة التنفيذ ما يمكنهم من معاقبة هؤلاء المجرمين والقضاء عليهم وقطع دابرهم . والنظام القائم الآن فى الأمم المختلفة يسمح لكل مخترع باختراع ما يشاء من الآلات كما يسمح له بتسجيل اختراعه بحيث يصبح له الحق فى الحصول على الفائدة المالية التى تنشأ عن استخدام اختراعه ، ولا تفرق القوانين الحالية بين المخترعات المختلفة ضارها ونافعها . وأكثر من ذلك تقوم كل حكومة بتشجيع المخترعين على استحداث وسائل التدمير والتخريب وترصد لذلك الأموال فى ميزانياتها ويتسابق الجميع فى هذا الميدان تسابقا عنيفا . ولا شك فى أن هذا النظام فاسد يجب تغييره إذا كانت الأمم جادة فى طلب التعاون العالمى كما يجب أن يحل محله نظام آخر مبنى على تفرقة واضحة بين ما هو مشروع وما ليس بمشروع فى الاختراعات والوسائل المستحدثة . فإذا وضع نظام كهذا وتعاونت الأمم على تنفيذه بإخلاص وكانت لديها الوسائل الناجحة لضمان تنفيذه . أقول إذا حدث كل هذا فإن المخترعين سيتجهون باختراعاتهم فى النواحى المشروعة ونكون بذلك قد وجهناهم توجيها صحيحا نحـــو فائدة البشرية. ويجب أن تعامل الحكومات فى هذا معاملة الأفراد سواء بسواء."(٨)

إذن فالعلم إنما يرمى إلى المعرفة. والمخترعون ومن يقوم على تمويلهم وتشجيعهم هم الذين تقع عليهم التبعة الأولى. أليس معنى هذا أن العلماء إنما يتملصون من كل تبعة ويلقونها على غيرهم خطأ أم صوابا ثم يتركون الأمور والتنظيم لغيرهم ويعودون إلى صوامعهم وإلى موقفهم التقليدى إزاء المجتمع ؟

٥-٣- تاريخ العلوم فى مصر

يذكر على مصطفى مشرفة أنه حضر مؤتمرا عقد فى لندن حوالى عام ١٩٣٠ سمى المؤتمر الأول لتاريخ العلوم وقد حضر هذا المؤتمر نفر غير قليل من العلماء قادمين من أمم متعددة. فى هذا المؤتمر سمع الخطباء يضربون على نغمة واحدة ألا وهى أن تاريخ العلوم لابد أن يعنى به العناية كلها لأن التقدم العلمى أهم بكثير للبشرية من الحروب التى يسجلها التاريخ. وقد كان الغرض الأول من عقد هذا المؤتمر إثارة اهتمام الرأى العام بتاريخ العلوم وتوجيه الجامعات والمدارس نحو العناية بهذه الناحية من نواحى التاريخ وقد عاب الخطباء على المجتمع أنه لا يحفل بأمر تاريخ العلوم فى حين أنه يعنى العناية كلها بتاريخ الملوك والأمراء وما يحدث بينهم من حروب ومعاهدات وأشياء أخرى.

٥- ٤- تاريخ العلوم والسياسة

لرشدى راشد مواقف سياسية واضحة، لكنه لا يعبر عنها فى صيغة مقال فى الصحف أو تصريح فى المجلات، فهل هناك قطيعة تامة بين العلم والسياسة؟

إن لفظ السياسة[٩] لا يزال يحمل معه طائفة من المعانى ، التى تبعث الريبة وتدعو إلى الحذر. مع إن السياسة، هى أرفع الفنون البشرية منزلة ، فكل فن من الفنون إنما يرمى إلى تحقيق فائدة لنفر من الناس ، أو جماعة من الجماعات. أما فن السياسة فغرضه نفع الناس جميعا. كان المثال الفلسفى محور الحياة اليونانية القديمة. واحتل الفرق بين الحياة النظرية، والسياسية، والاقتصادية، مكاناً ممتازاً فى فلسفة العصور الوسطى : قصص رشل وليا، مارت وماري، الأخوة المبشرين، ومسألة تفوق الحياة النظرية الخالصة أو الحياة المزدوجة. لكن الفرق بين الحياة البحثية المنزهة من الأغراض، والحياة العملية، والحياة الاقتصادية، لازال محور البحث إلى الآن. وترجع قيمة كل من هذه الأنواع إلى مقارنة عبر عنها قديماً هرقليطس فى الأكاديمية القديمة. كان فيثاغوراس أول من سمى نفسه باسم "الفيلسوف". وقارن فيثاغوراس الحياة بإستاد الرياضة. فهناك من يتفرج، وهم الأفضل فى نظر فيثاغوراس، وهناك من يمارس اللعبة، وهناك من يتبضع. كذلك فى

الحياة هناك من يولد عبداً للمجد، أو عبداً للثراء أو عبداً للحقيقة- وهو الفيلسوف. من هنا كان ترتيب القيم : الحياة النظرية؛ الحياة العملية أو السياسية؛ الحياة التجارية. واقترن هذا الترتيب بنظرية "الغايات" : ما يجب أن تكون عليه غاية الحياة الكاملة؟ وترتيب الغايات هو الذى حكم خيار نوع الحياة. واقترن أيضاً بالسؤال القديم : ما الإنسان السعيد؟

وفى ذلك يستشهد على مصطفى مشرفة بأرسطوطاليس (القرن الرابع قبل ميلاد المسيح فى اليونان، ٣٨٤ق. م. - ٣٢٢ ق. م.) فى كتابه عن "السياسة ". كان ذلك فى عصر نشزة القوة المقدونية. فاستعان فيليب بأرسطو، وفتح الاسكندر الأكبر الشرق، وراسل أرسطو، لكن الاسكندر الأكبر رحل فى اليونان عام ٣٢٣، ونزح أرسطو عام ٣٢٢، وهو عام رحيله. وأعاد تيوفراست أعماله إلى المدرسة التى أسسها أرسطو. لكن أعماله فقدت تدريجياً، وسجنت المخطوطات فى كهف حيث فسدت، ونحو ١٣٠ سنة بعد ذلك استعاد أنكونيكوس أعمال أرسطو، وظل الشك يخيم على مصير أعماله التى انتقلت إلى الغرب بواسطة العرب، وبواسطة الفلسفة المدرسية التقليدية كما مثلها دنس سكوت والقديس توما الإكويني. كان اسمه مقرون بصفة الفيلسوف. ونحو عامى ١٨٣٠ و١٨٥٠ صدرت الطبعات العلمية الأولى من أعماله فى برلين فى ألمانيا، وهى الطبعة المرجعية فى الاستشهاد بمتن أرسطو بوجه عام.

وقد خص أرسطوطاليس " البوليطيقا" أو السياسة بمؤلف كامل من مؤلفاته المهمة مقسم إلى ثمانية كتب شرح فيها طرائق الحكم وأغراضه ووسائله ، وبين الأنواع المختلفة للحكومات وخصائصها ، وفاضل بين مزاياها ، ووازن بين عيوبها. فالسياسة التى يتكلم عنها أرسطوطاليس ، علم من أرفع العلوم ، وفن يسمو على جميع الفنون ، يقصد به ، الخير المطلق. وكان أرسطو قد ولد لأب طبيب، فقارن بين الطب والسياسة، كما استعمل المجازات الطبية فى تحليلات عدة.

وإلى جانب مؤلف أرسطوطاليس فى السياسة يذكر على مصطفى مشرفة أفلاطون تلميذ سقراط ، وكتابه الجمهورية أو الدولة. وكان أرسطوطاليس أشب من أفلاطون بنحو ٤٦ سنة، وذهب إلى أثينا ليتتلمذ على أفلاطون، الذى رحل عام ٣٤٨ قبل ميلادى السيد المسيح. وتنقسم أعمال أرسطو قسمين : المحاورات الأدبية العامة -الموجهة للجمهور العام- التى تضاهى أعمال أفلاطون بعامة، وحوار "الجمهورية" بخاصة. وهى الأعمال المفقودة. وأعمال أرسطو الخاصة تتجه إلى دائرة محدودة من القراء. وهى أعمال تقنية طلبها إلى أرسطو أفلاطون والاسكندر الأفروديزي.

وفى حوار "الجمهورية" يناقش أفلاطون ، على لسان سقراط وأصحابه ، فكرة العدالة واتصالها بحياة الفرد وحياة المجتمع ، ثم يتطرق من ذلك إلى البحث فى نظم الحكم وأنواع الحكومات ، ويتكلم عن السياسة وعن

الغرض من السياسة ، وعما يشترط فى رجال السياسة من صفات ، وما ينبغى أن تكون عليه حياتهم الخاصة، وحياتهم العامة. وفى الكتاب الثامن من حوار "الجمهورية" أشار أفلاطون إلى أن قانون الديمقراطية الأثينية القديمة الأساس هو الحرية وأن قانون الديمقراطية القديمة الأساس أيضاً هو انعدام الاتساق وامتناع الثبات . وكانت المساواة الحقيقية عند أفلاطون معادلة هندسية. "فالدول أو الجماعة السياسية ، إنما يقصد بها خير الجماعة فى أعم درجاته ، ولذلك فإن الذين يتولون أمور الدولة ويحكمون المجتمع ، يجب أن يكونوا أعرف الناس بمعنى الخير ، وأقدرهم على إدراك القيم الروحية ، للحياة البشرية . وهؤلاء هم الحكماء أو العلماء . ويسمى سقراط هذه الدولة المثالية باسم الأرستقراطية أو حكومة العلماء. فالعلماء يمتازون بأنهم يطلبون الحقيقة ويحبون الحق ، ومن أحب الحق كان صادقا متعلقا بالفضيلة متحليا بالمروءة والأخلاق الكريمة . ولذلك كانت الأرستقراطية أو حكومة العلماء خير الحكومات ، وأكملها جميعا .ويحرم سقراط على الحكماء فى الدولة المثالية اقتناء الثروة . فهم ينفقون الأرزاق التى تخصصها لهم الدولة فى قضاء حاجاتهم المعيشية.. والمال فى نظرهم يجب أن يكون وسيلة للعيش لا غاية . أما الغاية التى يعيشون من أجلها فهى خدمة المجتمع، يكرسون لها حياتهم."(١٠)

ويسجل مشرفة أن أفلاطون يحل الثراء فى جمهوريته لغير الحكام. فالثراء فى ذاته مباح لأربابه وإنما يحرم على رجال الحكم ورجال السياسة. فإذا فرغ سقراط من وصف دولته المثالية ، فانه يتحدث عن أربعة أنواع أخرى من النظم السياسية ، وهذه كلها ناقصة فى نظره ، وإن كانت تتفاوت فيما بينها ، فمنها حكومة العظماء ، وحكومة الأغنياء ، والديموقراطية أو حكومة الفقراء . ثم إن أسوأ الحكومات جميعا وأظلمها هى حكومة الفرد.

فان آراء أفلاطون وتعاليمه، حسب مشرفة، كانت لا تزال أساسا من أسس الدراسات السياسية ، وإن كانت معانيها قد تغيرت بتغير الأحداث التاريخية.

و أفلاطون مؤلف محاورة " الجمهورية" هو نفسه مؤسس مجمع العلوم ، فالعلم والسياسة متحدان فى الأصل والمنبع. وكان كتاب "الجمهورية" عملا من أعمال النضج. وكان كتاب "الجمهورية" عملا من الأعمال التى شهدت على ابتعاد أفلاطون عن فلسفة سقراط، من دون أن يتخلى تماماً عن منهج سقراط. كانت نقطة بداية سقراط هى البحث والتعبير عن جهله هو. من هنا سمى منهجه بمنهج السخرية. وكان منهج السخرية لدى سقراط تساؤلاً وإخراجاً للنقد ولمتناقضات ما يعتقد بأنه يعرف، مع إنه يقتصر على الكلام. وسماه أيضاً باسم "منهج التوليد" (محاورة "ثياتيتوس"، ١٤٩ أ – ب)، أو الدحض. كانت نقطة بداية سقراط هى البحث فى العلاقة الإنسانية التى تقود إلى الحقيقة، وإلى التضامن فى المعرفة. من هنا لم يكن بحث سقراط بحثاً منعزلاً،

إنما كان بحثه بحثاً بين الذوات وبحثاً عن الوحى بالمعرفة للآخر (كما فى محاورة "القبيادس" لأفلاطون). من هنا أيضاً لم يكن بحث سقراط بحثاً تعليمياً افترض السلطة وادعى الهيمنة. فقط الحوار أو التساؤل المعرفى هو نقطة البداية. من هنا الوعى وارتجاج الوعى (محاورة القبيادس" الأولي، ١٠٥ب، لأفلاطون). وتشفى الفلسفة (محاورة مينون، ٩٠أ لأفلاطون) النفس. ومهمة سقراط هى أن يعد النفس للبحث والمعرفة. وهناك البعد الذاتي، وهو القصدية كما اصطلحنا على تسميتها بعد ذلك فيما سمى باسم منهج الظواهريات/الفينومينولوجيا/الظاهراتية *PHANOMENOLOGIE* وهى دراسة الماهيات كدراسة ماهية الانفعال أو ماهية الإدراك أو ماهية الشعور، تمثيلا لا حصرا، والماهية عند إدموند هوسرل هى ما يتبدى به الشيء نفسه للشعور فى خبرة شعورية مباشرة. وليست الماهية كيانا خفيا فى بطن الشيء، بل إن الماهية هى معنى الوقائع الفردية) أم هى تجربة من النوع الديني، بمعنى المحنة والامتحان؟ والبعد الموضوعي، وهو موقف المبحوث فى الحوار. فكان لا بد من الخيال المبدع، والأسطورة، والقصة الجميلة، لتوصيل الرسالة الفلسفية. وقال رنيه ديكارت فى القرن السابع عشر الميلادى : "أتقدم حاملاً قناعي." إن منح الطرف الآخر الثقة فى نفسه هو أسلوب ضرورى فى الحوار. إن المبحوث، الذى هو ضحية، لا يبنى على الفراغ، ولا يقيم شيئاً على العدم، إنما يضيف المعرفة والجهل معاً. وفى محاورة "القبيادس" (٨١ س) تبدو الفلسفة وكأنها تجرى فى وعى الطرف الآخر. فالفكر إنما هو حوار النفس مع نفسها. سقراط يحب ضحيته، إن جاز التعبير. لذلك يريد أن يقودها إلى الحكمة.

و كان هناك بعدان فى منهج سقراط : الظرف التاريخى أو البحث فى علة الأشياء والكلمات؛ الثابت : التأسيس لفهم الكيفيات. تأثر سقراط بفلسفة انكساغورس الإيونية، ثم خاب سعيه بسبب تفسيره المادى للأشياء (محاورة "فدرس"). وتأثر سقراط أيضا بمنهج السفسطائيين الوهمى (محاورة فدرس). من هنا بحث سقراط عن الانسجام فى المدينة (*POLIS*) وعاد لا يبحث عن الانسجام فى الطبيعة. من هنا بحث سقراط عن الفضيلة السياسية وعن ارتباط المعرفة والسلطة. بحث سقراط عن معنى العلاقات اليومية والإنسانية، وتخلى عن البحث عن معنى الكون. جدد سقراط القيم الإنسانية، وبحث عن إزالة الوهم والأسطورة. وكان رجل الفلسفة العامة (الكلام)، وضابطاً من ضباط اللغة ومهندسيها. ركز سقراط على المعرفة لا على الكلام. فموضوع الكلام يسبق فعل الكلام. وهو ما يختلف عن السفسطة وجمع الآراء المختلفة من دون دراية. من هنا أقام أفلاطون الفلسفة على المعرفة. وصنع سقراط من الكلام أداة تربوية لا أداة للخداع.

و شهد كتاب "الجمهورية" على انتقال أفلاطون من فلسفة الفضيلة الأخلاقية إلى فلسفة المعرفة والوجود لتأسيس الفضيلة على الكائن. كان أفلاطون يريد للعلماء-الفلاسفة أن يحكموا. وكان يقصد بهؤلاء، الباحثين عن الحقيقة، الباحثين عن الحقيقة فى الأمور كلها، والعائشين فى الحقيقة فى المقام الأول. إلا إنه لم يكن

ديمقراطيا بالمرة، وكان يسخر من العامة، وكان يتوقع انقلاب الديمقراطية إلى غوغائية، لأن التفاوت طبيعي، ولا يقبل المداورة، ولا يقبل العدل التفاوت الطبيعي، ومن الخطأ أن نضع دماغاً قوياً على رأس المجتمع. لذلك لا بد من نسبنه كلام أفلاطون فى كتاب " الجمهورية" عن اتحاد العلم والسياسة فى الأصل والمنبع. فقد كان أفلاطون مشغولاً بالممارسة العملية أكثر مما كان مهموماً بالبحث النظري، وكان هدفه الانضباط الاجتماعى والتربية، وكان يريد إعادة بناء المدينة على أسس بناها الفلاسفة من قبل، وإعادة بناء التضامن الذى اهتز فى ذاته وفى تسلسله الشرعى نتيجة الفردية وتعاليم السفسطائيين. ففضيلة الشيء أو الكائن إنما هى خاصيته المميزة أو امتياز العمل الذى يقدر أن يقوم به الفاعل سواء أكان بالطبع أو فى المؤسسة أو بهدف مسبق، والفضائل التى تحدد بغير الفكر وبغير المعرفة، هي، مع ذلك، نتاج الفكر. وتنهار الفضائل بسبب لا منطقيتها. لأن التأسيس فكري. فالعقل هو الشرط الأخير للأخلاق والقيم، هو فعل التحديد الفعال. أما الرغبة فهى غير محددة، وغير منتهية، وغير متعينه، وغير متشكلة، وتقدر أن تزيد، وأن تقل، وأن تتكثف، وأن تبرد أو تسخن أو تتصلب. وقد صنف أفلاطون وابيقورس الرغبات تصنيفاً ثلاثياً : ١-الرغبات الطبيعية والواجبة؛ ٢- الرغبات الطبيعية والغير الواجبة؛ ٣- الرغبات الغير الطبيعية والغير الواجبة. وأما العقل فمحدد، ومحدود، ومتناه، ومتعين، وحر، ويصغ شكلا حراً بوصفه نشاطاً متناسباً، قياسياً، ومنظماً. وهو يحدد الغاية والهدف. وهو لذلك يؤدى الدور الوسط أو دور الحد الأوسط فى القياس بين الحدين الأولين، وهو ليس إلا مولوداً أو نتاجاً لحدين أثنين. وأما الحد الرابع فهو العقل بوصفه علة حاكمة للعالم، وهو ينتج الحدود الثلاثة السابقة جميعاً. إذن يتناهى المطلق ولا يتناهى فى آن معاً.

و مع أنَّ أثينا كانت مهد الديمقراطية، لم يؤمن أفلاطون بالديمقراطية، لأنه يرى فيها نظاماً سياسياً سينقلب بالضرورة إلى نظام سياسى غوغائي. وتعنى لفظة الديمقراطية من جهة اشتقاقها اللغوى إقامة سلطان الشعب. وهناك من تصور الديمقراطية بطريقة مختلفة أمثال كليستان وإفيالتيس وابرقلس من منظور العدل، ودرافون وصولون. الديمقراطية امتداد للمواطنة لكل إنسان حر. إنها المساواة فى شرط المواطنة للكل بغض النظر عن الأصول الاجتماعية. ومع إن أثينا كانت مهد الديمقراطية، فقد كان هناك نحو ٣٥٠ ألف مواطن فضلاً عن الأطفال والنساء، بلا حقوق مدنية، وكان ١٠ فى المائة من السكان يتخذون القرارات للمجتمع ككل. ومع إن أثينا كانت مهد الديمقراطية، كانت أثينا تمتاز بعدم طرح السلطة للتداول بين المواطنين. نحو آخر القرن، انهزمت أثينا وحوكم سقراط ورحل، وعادت الحروب، وخاب سعى المواطنين وفشل. تأزمت أثينا. وانهار الرخاء. وتزلزلت المدينة. ارتفع عدد السكان الحقيقى بينما انخفض عدد النخبة. وضاع الانضباط السياسى نتيجة الصراعات السياسية. وصار الصراع على السلطة جوهر السياسة. وانهارت مشاركة المواطنين فى حياة المدينة، بل كانت العلامة الدالة على انهيار السياسة نفسها آنذاك. تنامت الديماجوجية وساد الخداع

السياسي، وانهارت الديمقراطية، وقام الطغيان، وسادت الفردية (أنظر سلوك كاليكلاس فى محاورة أفلاطون عن "جورجياس")، وانهارت العادات والتقاليد والشرائع والقوانين والنواميس والقيم الأخلاقية والمعنوية للمدينة والدولة والمجتمع السياسي. من هنا تنامت فلسفة الطبيعة القبل السقراطية عند برمنيدس، وهيراقليطس، تمثيلا لا حصراً.

و مؤلف كتاب " الجمهورية" ومؤسس مجمع العلوم، ومؤسس نظرية اتحاد العلم والسياسة فى الأصل والمنبع، شخص هذه الحال وهذا الوضع. والصورة التى رسمها أفلاطون للإنسان الديمقراطى صاحب الأذواق المتغيرة هى الصورة التى تجسمها شخصية "آلسيبياد" (كما أورد بلوتارخوس ويوريبيديس).

فهم أفلاطون وأدرك أن الدول القائمة فى عصره فاشلة، لأن الشرع بلا إعدادات فعالة وبلا ظروف متوافقة. لذلك لجأ إلى الفلسفة لإقامة العدل فى الحياة العامة والخاصة، ولن تنتهى الشرور من الحياة قبل حكم الفلاسفة والأتقياء والأنقياء والأصلاء، أو لن تنتهى الشرور من الحياة قبل تفلسف الحكام. (الرسالة السابعة لأفلاطون، القبيادس الأول، ١٢٢*E/123A*، أرسطو، السياسة، *E7*، حول ملامح الأوليغارشية، أنظر ، اكسينوفون، "الذكريات"، ٣، ٩، ٢، وأفلاطون، رجل الدولة، ٢٩٨*C/299*، والجمهورية، ٦، ٤٨٨ : مثال قائد السفينة والبحارة الذين يريدون أن يحكموا. كان دستور لقورجوس يمنع استقطاع بعض الأراضى الأصلية. وأكد أرسطو أن إسبارطياً قد يقدر أن يمنح أو أن يورث ممتلكاته، لكنه لم يكن جميلاً، أن نبيع الممتلكات.

تحمل الجموع السائدة أجمل الأسماء، وهو أسم *ISONOMIE* أى المساواة أمام القانون (كما أورد هيرودوت ويوريبيدس). الملكية هى الحرية، وهى فى النظام الديمقراطي، أجمل الملكيات. لذلك فالنظام الديمقراطى هو النظام السياسى الوحيد الذى يقدر أن يعيش فيه الإنسان الحر بطبعه، كما أورد توسيديد وأفلاطون ويوريبيدس، واكسينوفون، واسخيلوس). إن التشبه بالآلهة قدر المستطاع وهذا هو هدف الإنسان الفاضل (كما أورد أفلاطون، محلورة ثياتيتوس، ١٧٦ب-١٧٧أ، النواميس، ٧١٦ب-د، الجمهورية، ٢، ٣٨٣س، ٦، ٥٠٠س-د، ٦، ٥٠١ب-س). وأما الحرية فهى أساس النظام الديمقراطى (كما أورد أرسطو فى كتابه عن "السياسة"). بعبارة أخري، تقوم الديمقراطية على النظام التالى : شهوة المال، العقل، والشجاعة. وأما الطغيان بوجه عام فهى أيضاً شهوة المال، العقل، الشجاعة. والفرق فى الدرجة بين الديمقراطية والطغيان هو أن النفس الديمقراطية محددة وغير محددة. وأما الطاغى فمحدد، وغير محدد، وديمقراطي، ومنظم.

فى الدول الأوليغارشية وبعيداً عن القادة يتسول الشعب مثلما تسول شعب أثينا، قبل تشريع صولون (كما أورد آرسطو فى كتابه عن " دستور أثينا"، ١٢، ٤). إن النظام الطبيعى أو الأرستقراطى يقوم على توافق

العقل، والشجاعة، والرغبة. وهو يقوم على أولية القلب ثم العقل ثم الرغبة. فهو يقوم على أولية دور المحارب، والشجاعة، والشرف، من دون علم ولا دراية، إنما بالطموح وحده. أما النظام الغير الطبيعى أو النظام *TIMARCHIE*، فهو يقوم على إبطال مفعول العقل، وعلى الحرب من أجل الحرب وحدها من دون هدف ومن دون تحديد. أما النظام الغير الطبيعى أو النظام *TIMARCHIE*، فهو يقوم على النظم العسكرية البعد اليونانية التى سادت العصور الوسطى (القرن الثانى عشر الميلادي-القرن الرابع عشر الميلادي) فى الغرب. وكان الإسبارطيون لا يهتمون بالفلسفة، كما لم يعبئوا بالموسيقي، إنما ولوا كل عنايتهم لتنمية الجسد من طريق الرياضة. أما النظام الغير الطبيعى أو النظام الأوليغارشى *OLIGARCHIE*، فهو يقوم على الترتيب التالى : البحث عن الربح، حساب الربح، الشجاعة. والبحث عن الربح متناهي، ومحدد، بمعنى إنه موضوع محدد.

و يقوم النظام الأخير على التعيين، والتحديد، وتحديد موضوع الانفعالات والرغبات يؤدى إلى الانحراف عن القانون وانتقاد الفضيلة والواجب المدنيين، ثم الانهيار المعنوي. أما النظام الغير الطبيعى أو النظام الأوليغارشى *OLIGARCHIE*، فهو يقوم على إلغاء التربية، وعلى الانفعال، وعلى شهوة الثروات وحب الأموال. ففن *CHREMATA* هو فن صناعة المال، أو هو مجموع إجراءات صناعة المال. والانفعال مصدر الفوضى الاجتماعية. أما النظام الغير الطبيعى أو النظام الأوليغارشى *OLIGARCHIE*، فهو يقوم على الضريبة الإقطاعية، وعلى الانقسام إلى قسمين، قسم الأثرياء، وطبقة الفقراء، والتقسيم الاجتماعى بوجه عام.

إن اجتماع العلم والسياسة يتشكل فى صورة إشكالية. فى العصر الحديث العلمي" من أهم مميزاته استخدام الآلات والمحركات الآلية ، ويمكن قياس حضارة الأمم اليوم ، بقدرة محركاتها . لذلك كان استنباط منابع جديدة للقدرة ، من أهم ما تتسابق فيه الأمم اليوم . فاكتشاف آبار البترول ، فى بلد من البلاد، حدث له نتائجه السياسية ، لذلك كان من الواجب على رجال السياسة أن يعنوا بهذه المسألة وأن يتصلوا برجال العلم ليكونوا على بينة من أمرهم . ولما كان البترول المدخر فى العالم كله لا يكفى ، بمعدل الاستهلاك الحالى ، لأكثر من ٧٠ سنة ، كان من المهم استنباط موارد أخرى للقدرة .

والقدرة المائية الناشئة عن حركات المياه فى الأنهار وهبوطها من الشلالات والمنحدرات هى موضع تفكير رجال السياسة ورجال العلم فى الأمم اليوم . وقد حسب أن مقدار القدرة الممكن استخدامها من المياه المتحركة ، فى قارة أفريقيا ، هو ١٩٠ مليون حصان ميكانيكى ، أو ما يعادل استهلاك ١٠ مليون طن من الفحم فى اليوم ، تضيع كلها هباء منثورا . ومن مصادر القدرة التى تضيع دون جدوى ، حرارة الشمس ، فقد قدر أن ما يقع منها على الجزء المسكون من الأراضى المصرية ، وقدره نحو ٩٠٠٠ ميل مربع ، يكفى

لإدارة جميع المحركات الآلية فى العالم سواء منها ما يدار بالفحم أو بالبترول أو بمساقط المياه . وليست هذه القوى على عظمتها إلا جزءا يسيرا مما يستطيع العلم أن يضعه فى يد البشر من القدرة الميكانيكية . فقد دلت الأبحاث العلمية على أن المادة تتحول إلى طاقة ، فالجرام الواحد من المادة يحتوى على ما يعادل ٢٥ مليون كيلو واط – ساعة ثمنها اليوم فى القاهرة أكثر من نصف مليون جنيه."[١١]

٥-٥- تاريخ العلوم والأمم العربية

من قائل إن مرد أزمة الأمم العربية إلى الدين الإسلامي. ومن قائل إن مرجع تأخرنا إلى مناخ جونا وطبيعة إقليمنا. إن أول واجب على مفكرينا ، وقادة الرأى فينا ، أن يوجهوا الرأى العام فى البلاد العربية صوب الفكرة العلمية . يجب أن نفكر بالعقلية العلمية. فرشدى راشد لا يبحث فى الدين إنما يبحث فى العلم بغض النظر عن معطيات الدين. فإذا كان العلم ينبئنا بتطور الحياة على سطح الأرض ، ويحدد لنا المقاييس الزمنية ، فإنه لا يتعرض لمنشأ الحياة نفسها ، ولا يحدد وقت ظهورها تحديدا قاطعا نهائيا. فالعلم إذن يقرر أن الحياة ظاهرة لا يقدر الإنسان إيجادها. والواقع أن موقف العلم من خلق الحياة هو عين موقفة إزاء خلق المادة ، فهو يكتفى فى الحالين–خلق الحياة، خلق المادة– بوضع قانون عام ينص على عدم حدوث الخلق. ففى حالة المادة يعرف القانون باسم قانون بقاء المادة. وينص قانون بقاء المادة على أن المادة لا تخلق ولا تفنى ، والمقصود من ذلك هو عجز الإنسان عن خلقها أو إفنائها. ومع أن قانون بقاء المادة قد دخل عليه تعديل فى العصر الحديث، إلا انه لا يزال صحيحا فى جوهره ، وينحصر التعديل فى اعتبار المادة والطاقة مظهرين لشيء واحد بحيث يمكن تحويل المادة إلى طاقة أو الطاقة إلى مادة مع بقاء مجموعها ثابتا لا يخلق ولا يفني. وإذا كان خلق المادة والطاقة وإفناؤهما خارجا عن طاقة البشر فان خلق الحياة خارج عن طاقتهم. هناك اتجاه عام نحو الرقى والارتفاع بالحياة من مستواها البدائى إلى مستويات أرفع. ولكن بعض العلماء قد أرادوا أن يستنتجوا من هذه الحقائق ، نتائج واسعة المغزى غير مؤسسة ، فمن ذلك أنهم رأوا فى تطور الحياة وأنواعها أداة آلية لخلق الحياة نفسها. وظنوا أن فهمنا لهذا التطور يفسر لنا معنى الحياة. ففهم الأطوار التى مرت بالحياة أمر علمى يقبل البحث وتفسير الحياة وخلقها أمر فلسفي–ديني. والعالم يعجز تمام العجز عن أن يفهم السر الذى يدفع بهذه المخلوقات فى تيار هذا التطور العجيب.

لاشك فى أن الإدراك والعقل غير خاضعين لأى تفسير آلى أو تطوري. فمخ الإنسان قد يكون أداة للفكر البشرى والخلايا التى تتألف منها قشرة المخ والتى يبلغ عددها نحو ١٤ ألف مليون خلية قد تكون جهازا مرتبطا أوثق الارتباط بعملية التفكير. وسمو العقل البشرى على عقول القردة قد يكون متصلا بكثرة عدد هذه الخلايا ودقة تركيبها ، ومع ذلك فالعقل البشرى أمر علمى يقبل البحث العلمى والمخ الذى تحتويه الجمجمة

أمر فلسفي-دينى آخر ، كما أن التفكير أمر فلسفى والتفاعلات الكيميائية الفسيولوجية فى خلايا المخ أمر علمى آخر. وينطوى هذا الاختلاف وذاك الفرق على الجدل الدائر دوما بين المادية والمثالية. ، فراح بعض العلماء يفسرون العقل والنفس والروح تفسيرا آليا ، وقد كان لهم فى ذلك بعض العذر لأن العلوم الطبيعية والكيميائية فى ذلك الوقت كانت تقول ببقاء المادة وعدم فنائها وكانت تصور العالم المادى على أنه آلة تخضع لقوانين ثابتة. وقد تغير الحال تغيرا تاما فى العلوم الطبيعية والكيمائية عما كانت عليه فى القرن التاسع عشر الميلادى فالمادة قد فقدت ماديتها إذ ثبت أن أجزاءها ذوات خاصية موجية شأنها فى ذلك شأن الضوء . فالجواهر الصغيرة التى تتألف منها المادة ليست بالشيء الذى يملأ الحيز الذى يشغله بل هى أشبه شئ بحركة الأمواج على سطح البحار فهى عرض وليست بجوهر. كذلك الزمان والمكان قد فقدا وجودهما الخارجى فى النظرية النسبية التى صار مسلما بها فى نظر علماء الطبيعة جميعا. فلا المادة هى ذلك الشيء الدائم ولا الزمان والمكان كما كان يظن أساس للحقيقة الموضوعية. ومن الآراء الحديثة المهمة فى هذا السياق، ما قال به الأسقف جورج بركلى الإنجليزى من أن حقيقة الكون نفسية لا موضوعية. فوجود الكون إنما يقوم بالنفس، ولا معنى له بدونها. وعلى هذا الرأى يكون وجود النفس ، شرطا لازما لوجود العالم ، ولا يكون هناك معنى لوجود العالم ، ما لم توجد النفس المدركة. إن العلم يعنى بالحقائق أما القيم فمن شأن الفلاسفة. ومع ذلك فأى إنسان منا يرضى عقله بالحقائق المجردة من دون أن يعنى بقيمها ، وأى إنسان يرضى بأن يبنى قيم الأشياء على الأوهام من دون الحقائق.

و من هنا كانت بحوث رشدى راشد فى التأريخ للعلوم العربية بوجه عام، على نقد المخطوطات القديمة من دون مسلمات حول الوجود الإنسانى بوجه عام. ورشدى راشد نفسه، مع إنه يرفض بوضوح وضع مسلمات حول الوجود الإنسانى بوجه عام، فقد بحث فى شروط إمكان تطبيق الرياضيات فى ميدان العلوم التى تدرس الوجود الاجتماعى بوجه عام، كما درس شروط إمكان الاستعانة بالتاريخ التطبيقى للعلوم فى تحديث المجتمع العربي. كان أساس بحث رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية هو البحث فى ترييض العلوم الاجتماعية أو ما سمى باسم "الصياغة الرياضية" للعلوم الاجتماعية وبنيتها الرياضية.

من جهة أخري، يعنى رشدى راشد "بالتاريخ التطبيقى للعلوم" كيفيات الاستفادة من تاريخ العلوم للإسهام فى التحديث العلمى فى مصر والوطن العربى وبلدان ما سمى بالعالم العربي. وذلك من طريق إنشاء المدينة العلمية، وإعادة النظر فى تصور الترجمة العلمية وسياستها على أساس من ربط الترجمة بالإبداع العلمى وربط العلم باللغة.

والأمم العربية أمم لها ماض كريم ، تضمها أو أصر الإخاء، لكن رشدى راشد لا يتخذ من تراثنا المشترك أساسا نبنى عليه صرح تقدمنا إنما يتخذ المعاصرة المشتركة أساسا نبنى عليه صرح تقدمنا. فإحياء التراث يقتضى فك الحصار المذهبى والأدبي. ولا يعنى تاريخ رشدى راشد اتخاذ موقف تجريبى يعزل الواقعة العلمية بل ولا يعنى تاريخ رشدى راشد قصر العلاقة بين الوقائع فى حدود علاقة التتابع التاريخى ولكنه يستند على نظرية حاولنا فى هذا الكتاب أن نقدم لصياغتها من دون بتر. رأى رشدى راشد أهمية النشر العلمى للتراث كشرط ضرورى لأى صياغة نظرية. فإحياء التراث إذًا ليس هو بعثًا لموتى ولا إظهارًا لما اختفى إلى الأبد ولكنه تحقيق للنصوص والمخطوطات التى أسهمت كما أسهم أصحابها فى صياغة المعاصرة نفسها. لا يمجد رشدى راشد، إذن، علماء العرب إنما هو يضعهم فى سياق العلم العالمى المعاصر.

٥-٦- تاريخ العلوم والشباب

إن الشباب فى مصر اليوم متعطش إلى العلم يتسابق لكى ينهل من مناهله. وقد برهن الشباب بذلك على صدق إلهامه وإرهاف حسه إذ ما من شك فى أن مصر هى أحوج ما تكون إلى العلم :

"إذا رجعنا إلى تاريخ إنشاء الجامعات فى أوربا وجدناها تتصل اتصالا وثيقا بمعنى الرياضة الروحية ، ووجدنا القائمين على الجامعات رجالا قد عرفوا بالفضل وتمسكوا بالفضيلة ، فاكتسبوا احترام الملوك والأمراء وحازوا عطفهم ورعايتهم ولا عجب فى ذلك فالجامعات الأوربية وليدة الأثر الظاهر للثقافة العربية. وقد كان ملوك العرب وأمراؤهم حماة للعلم ، يقربون إليهم رجاله ويصطفونهم ويكرمونهم ، وكان رجال العلم حماة للفضيلة ، دعاة للخير ، وقد نشأت الأسرة الجامعية فى أوربا على نمط لا يختلف كثيرا عما نعرفه بيننا فى الأزهر الشريف ، فالأساتذة طبقات أو درجات منها الكبير ومنها الصغير ، والعبرة فى ذلك بالعلم والفضل، يحترم صغيرها كبيرها، ويعطف كبيرها على صغيرها ، ويرشده ويقوم اعوجاجه ويتميز الكبار على الصغار بملابس خاصة ، فالدكاترة أو كبار العلماء فى الجامعات الأوربية يرتدون أردية حمراء اللون تشبه أردية الأساقفة ويغشون مجالس خاصة لا يغشاها غيرهم ، وفى جامعتى أو اكسفورد وكمبردج بإنجلترا يحل لمن يحمل درجة الماجستير أن تطأ قدمه مروج الجامعة ويحرم هذا على غيره ، والوصول إلى هذه المراتب العالية ، مراتب الفضل والعلم ، إنما يكون عن طريق التبحر فى العلوم ، والتخلق بمحاسن الأخلاق."[١٢] والدراسات العلمية فى عصر الحسن ابن الهيثم، تمثيلا لا حصرا، " كانت لا ترتبط بحياة الأمة ومرافقها، ولم يكن العلم قد وصل إلى ما وصل إليه اليوم من الأهمية الاجتماعية. فالصناعة مثلا كانت لا تزال تقوم على الحرف التى يمارسها الأفراد ، والثورة الصناعية لم تكن قد أحدثت ما أحدثته فى القرن الثامن عشر وما بعده من انقلاب فى حياة الأمم والأفراد ، والبخار لم يكن قد استخدم ولا الكهرباء . وبالجملة فان

ابن الهيم كان يستطيع أن يعيش فى معزل عن المجتمع ناعما يتأمله فى علم المناظر ، وفى فلسفة أرسطو وحكمة جالينوس . ومع ذلك فإننا نشعر جميعا بأن المثل الذى ضربه ابن الهيثم ينطوى على معنى من معانى العظمة."[١٣]

٥-٧- تاريخ العلوم والأخلاق

إن النظرة العلمية إلى الأمور نظرة بعيدة عن الغرض ، وهذه النظرة هى وحدها التى تصلح لمعالجة المشكلات العامة ، وحل المسائل القومية ، سواء أكان ذلك فى ميدان الاجتماع ، أو ميدان السياسة ، أو ميدان الشئون الاقتصادية والمالية ، وكثير من المشاريع والأعمال فى مصر يخفق أو يطوى بسبب الأنانية وتغلب النزعة الشخصية على النظرة الموضوعية.

"ومن أوجب الواجبات على الدولة أن تترك العلماء أحرارا فى حكمهم على الأمور وأن تشعرهم باستقلالهم لأنهم قادة الفكر كما أن على العلماء أن يتمسكوا بهذا الاستقلال . فاستقلال العلم والعلماء شرط لابد منه لحياة العلم والفضيلة على حد سواء . وإذا ضاع استقلال العلم ضاع العلم الفضيلة بل ضاعت الأمة . وقد بقيت أوروبا ألف عام فى ظلمات العصور الوسطى لأن أمورها كانت فى أيدى قوم لا يؤمنون بالحق ولا يؤمنون باستقلال العلم فاضطهدوا العلماء وحاربوا العلماء وحاربوا حرية الفكر ، وانغمسوا فى الجهالة محتمين وراء الجدل اللفظى الأجوف فعم الظلم."[١٤]

فالعلم قد قارب بين الأمم ومحا المسافات حتى صرنا نعيش مع بقية سكان المعمورة كأننا مجتمع واحد.

٥-٨ تاريخ العلم والحياة

إن البحث فى العلم والحياة يمكن تقسيمه إلى ثلاثة أقسام أساسية :

١- الكون ؛

٢- وقائع الحياة نفسها ؛

٣- قيم الحياة.

وما الأرض إلا كوكب من كواكب المجموعة الشمسية ، بينه وبين الشمس نحو ١٥٠ مليون كيلو متر ، بحيث لا يصل إلينا شعاع الشمس إلا بعد ٨ دقائق وربع من انبعاثه عنها ، مع أنه متحرك بسرعة ٣٠٠٠٠٠

كيلو متر فى الثانية الواحدة . وما الشمس إلا واحدة من ١٠٠٠٠٠ مليون شمس ، بين كل شمس وجارتها ، مسير بضع سنين بسرعة الضوء. ويتألف من هذه الشموس عالم ، هو الذى يظهر لنا ليلا كسحابة عظمى من النور تخترق وجه السماء ، ونسميه نهر المجرة . وهذا العالم بدوره ، واحد من ١٠٠٠٠٠ مليون عالم ، يبلغ قطر كل منها ، مئات الألوف من السنين الضوئية. ذلك هو مسرح الحياة المرئية-المادية. ذلك هو الكون واتساع أرجائه. وقد يعلق البعض على هذا الكلام ويرتئى فى عظم الكون ما قد يجعله يستصغر شأن الأرض ويستحقر أمر الإنسان ، ويقول : إن الأرض أصغر من أن تذكر بجانب العوالم الأخرى. والإنسان أحقر من أن تعرف حياته ، وأخبار الحروب تافهة وحقيرة وأكثر من ذلك أن السعادة والشقاء ، ومتاع الدنيا وآلامها ، والجمال والقبح لا تقع من النفس فى قليل ولا كثير ، ولا يزيد فى السمع على طنين ذبابة.

كانت بعض المذاهب عند الإغريق ، تفرق بين عالمين : العالم الأكبر ، والعالم الأصغر. فالعالم الأكبر هو الكون بفضائه وسماواته والعالم الأصغر هو الإنسان ، وهذان العالمان ليسا شيئين مختلفين ، إنما هما صورتان لشىء واحد ، وقد اتصلت هذه المذاهب عند العرب بالفلسفة الصوفية. ومدار المسلمات، كما فهمها رشدى راشد، للمرة الأولى فى تاريخ الثقافة العربية المعاصرة، هو اللامعقول فى دراسة تاريخ الرياضيات وفلسفتها.

الهوامش

١) رشدى راشد، البحث العلمى والتحديث فى مصر، مثال على مصطفى مشرفة (١٨٩٨-١٩٥٠)، دراسة نموذج مثالي، بين الإصلاح الاجتماعى والحركة الوطنية، الهوية والتحديث فى مصر (١٨٨٢-١٩٦٢)، إشراف أ.روسيون، *cedej*، القاهرة، ١٩٩٥ . الترجمة العربية : ص ٢١٩-٢٣٢ . د. على مصطفى مشرفة، "نحن والعلم"، مكتبة الجيل الجديد، سلسلة العلوم المبسطة، جماعة النشر العلمي، مارس، ١٩٤٥، ص ١٢ . أنظر فى هذا الشأن :

Graham Jones, The role of science and technology in Developing countries, Oxford University Press, .1971

غراهام جونس، "دور العلم والتكنولوجيا فى البلدان النامية"، ترجمة هشام دياب، منشورات وزارة الثقافة والإرشاد القومي، دمشق-سوريا، ١٩٧٥؛ *R. J. Forbes and E. J. Dijksterhuis, History of science and technology.*

ر. ج. فوربس وأ. ج. ديكسترهوز، ترجمة أسامة أمين الخولي، مراجعة محمد مرسى أحمد، تاريخ العلم والتكنولوجيا، الجزء الأول، القرنان الثامن عشر والتاسع عشر، ط٢، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩١ .

٢) د. على مصطفى مشرفة، نحن والعلم، مكتبة الجيل الجديد، جماعة النشر العلمي، مارس ١٩٤٥، ص٢٣-٢٤ .

٣) المرجع السابق، ص٢٦ .

٤) المرجع السابق، ص ٣٠ .

٥) المرجع السابق، ص ٣٤-٣٥ .

٦) المرجع السابق

٧) المرجع السابق، ص ٥٨-٦٣ .

٨) المرجع السابق، ص٦٩-٧١ .

٩) د. على مصطفى مشرفة، "العلم والحياة"، القاهرة، إقرأ، دار المعارف، ١٩٤٥، ص٧ .

١٠) المرجع السابق، ص٩- ١٠ .

١١) المرجع السابق، ص ١٣-١٤ .

١٢) المرجع السابق، ص ٤٣-٤٤ .

١٣) المرجع السابق، ص ٤٦-٤٧ .

١٤) المرجع السابق، ص ٥٥- ٥٦ .

الخاتمة

الدلالة التاريخية والمعنى العلمى لعمل رشدى راشد

تاريخ العلوم ليس سلسلة من المعجزات

" إذا تأملنا حركة الترجمة العلمية، من فلكية ورياضية على الأخص، فسنرى أن هذه الترجمة نفسها ارتبطت بالبحث العلمى وبالإبداع. فلم يكن القصد من الترجمة إنشاء مكتبة علمية، الهدف منها إثراء خزائن الخلفاء والأمراء، بل لتلبية حاجات البحث العلمى نفسه. وإذا لم نفهم هذه الظاهرة فهما دقيقا؛ فلن نفهم شيئا من حركة الترجمة العلمية، كما هو الحال مع بعض المستشرقين المعاصرين. ويكفى أن نذكر بأن المترجمين أنفسهم كانوا من قادة الحركة العلمية، بل إن بعضهم من العلماء الخالدين على مر العصور، فمن بينهم : الحجاج، وثابت بن قرة، وقسطا بن لوقا. هذه واحدة. والأخرى أن اختيار الكتب - وكذلك توقيت هذا الاختيار - كانا فى الغالب وثيقى الصلة بما يعرض للبحث"

رشدى راشد

لا تهدف هذه الخاتمة إلى تقنين منهج. فقد انبثقت حضارة جديدة ومجتمع جديد نتيجة حوار الحضارات الكبرى التى كانت تسود تلك المنطقة فى ذلك الوقت ولا سيما الحضارتين اليونانية والفارسية. تلك كانت الحضارة فى اللغة العربية. منذ ذلك الحين صارت الإسكندرية وإنطاكية وجنديسابور المنارات الثلاث لثقافة الفترة المتأخرة من العصر القديم. وصارت تنتمى إلى عالم واحد وتنطق بلسان واحد هو اللغة العربية. كان الهدف هو ترجمة الحضارتين اليونانية والفارسية وبالتالى تحويل اللغة العربية إلى لغة العلم، من أجل دراسة منجزات هاتين الحضارتين، اليونانية والفارسية.

وبعد ذلك بثلاثة قرون، تقريباً، تقدم إنجاز هذه المهمة تقدما فعلياً فى أفق عمل علماء اللغة والنحو بصفة خاصة، حيث شهدنا تفتح وانطلاق حركة من أكثر الحركات العلمية حيوية فى التاريخ. مثل القرن الرابع الهجري، مرحلة أساسية فى تاريخ الرياضيات وفلسفتها. وشهدت هذه المرحلة نشأة مجموعة من العلماء المبدعين. وظل هذا المجهود، الذى بدأ بعد الهجرة بثلاثة قرون، مستمرا دون انقطاع لعدة قرون تالية. ولئن كان هذا النشاط قد بدأ يخفت نوعا ما ابتداء من القرن السادس الهجرى مع تكاثر الشارحين على حساب المبدعين ومع اندثار العمل النقدى لقاء النظام المدرسي، فقد ظل المجتمع الإسلامي، مع ذلك، المركز الرئيس للإبداع والإنتاج العلميين حتى القرن التاسع الهجري، أى حتى القرن الخامس عشر الميلادي.

ولم يدّع رشدى راشد أنه حدد الأسباب الاجتماعية لميلاد هذه الحركة العلمية ولا ادّعى دراسة أسباب اتساعها وانتشارها، ولا زعم دراسة المجتمع الإسلامى ونظمه الاقتصادية ومؤسساته السياسية.

قدم رشدى راشد وصفا للدفعة التى أعطاها المجتمع الإسلامى لازدهار العلوم الرياضية. وبين رشدى راشد كيفية قيام تقاليد علمية جديدة فى الجبر والحساب والهندسة والمناظر وعلم الفلك. وبين رشدى راشد كيفية قيام معايير جديدة للمعرفة. وبين رشدى راشد كيفية قيام معايير التجريب العلمى وكيفية صياغتها، فى ذلك الوقت، وذلك المكان.

رسم رشدى راشد، كما بينا فى الباب الأول، خطه للبحث. تتوافر فيه عناصر الطريقة الحديثة وتتوافر فيه شرائطه. بحث رشدى راشد، إذن، فى حقل العلوم وفلسفتها فى الفترة الكلاسيكية من مدرسة الإسكندرية إلى منتصف القرن السابع عشر الميلادي. وقد أدّت هذه البحوث والدراسات إلى تغيير مجموعة من التصورات الشائعة حول الرياضيات العربية كما صاغها المثقفون العرب والغربيون على حد سواء. من بين القضايا التى توصل رشدى راشد إليها، هو الكشف عن حقول علمية جديدة تمام الجدة وخاصة فى المجالات المجهولة من الرياضيات العربية. فى الباب الثاني، عرضنا إذن لتاريخ رشدى راشد للرياضيات العربية : الجبر، الحساب، الهندسة، المناظر، علم الفلك.

فبعد أن أسس الخوارزمى فى بداية القرن التاسع الميلادي، ولأول مرة فى التاريخ، للجبر كفرع علمى مستقل بنفسه وسماه " حساب الجبر والمقابلة ". وبعد أن تبعه فى ذلك آخرون، ولا سيما أبو كامل، ذهب علم الجبر، بدءاً من القرن العاشر الميلادي، مذهبين رياضيين متميزين :

كان المذهب الأول هو علم الحساب. كان الرياضيون والمصنفون فى اللغة العربية يعتبرونه " فنا علميا ". وكان هذا العلم ينطوى على كل من نظرية الأعداد وفن الحساب – أو اللوجستيكا – اللذين كانا يرتبطان ارتباطا وثيقا، وقد تولى الرياضيون العرب أنفسهم تطوير هذا العلم. كان من أسباب تطوره، ترجمة " المسائل العددية " لديوفنطس على يدى قُسطا بن لوقا. ومن أجل تجديد هذا العلم فيما بعد، استعان الكرجى ومن خلفوه بتقدم الجبر ومعرفتهم به منذ أن أسسه الخوارزمي. أما المذهب الثانى فارتبط بأعمال عدد من علماء الهندسة ولا سيما من درسوا عمليات تعين قيمة الكميات المتناهية الصغر ومن سعو إلى تطوير الجبر من خلال الهندسة. وقد اتجه أبو الجود بن محمد بن الليث وعمر الخيام وشرف الدين الطوسى فى اتجاه دراسة المنحنيات دراسة جبرية وبذلك أرسوا أسس الهندسة التحليلية أو الهندسة الجبرية.

كانت مهمة الجبريين، أو على الأقل، مهمة أتباع المذهب الأول، هى تطبيق الحساب على الجبر الذى سبق أن أسسه الخوارزمى وطوره من جاءوا بعده من أمثال أبى كامل) ٨٥٠ ه – ٩٣٠م (. كانوا يسعون عمدا، على حد ما عبر السموأل المغربى فى القرن الثانى عشر الميلادي، إلى " التصرف فى المجهولات بجميع الأدوات الحسابية كما يتصرف الحاسب فى المعلومات ".

وبهذا دل الجبر على المدلول الذى لازمه منذ ذلك الحين : وهو العمل، من جهة، على تطبيق عمليات الحساب الأولية على التعابير الجبرية – وهى المجهولات الجبرية– بصورة منظمة، ومن جانب أخر، تناول التعابير الجبرية بغض النظر عما قد ترمز إليه حتى يمكن تطبيق هذه العمليات العامة عليها مثلما تطبق على الأعداد.

إن تحقيق هذا المشروع، الذى بدأ يظهر بوضوح فى مؤلفات الكرجي (المتوفى فى بداية القرن الحادى عشر الميلادي) وواصله واستوفاه الخلفاء، أدى إلى توسيع نطاق الحساب الجبرى المجرد وتنظيم البحث الجبرى حول التطبيق المتوالى لمختلف العمليات الحسابية. لذلك حقق رشدى راشد " كتاب الباهر " للسموأل، وترجمه إلى اللغة الفرنسية وشرحه شرحا رياضيا وتاريخياً وفلسفياً، من بعد تحقيق فرانس وبيكه لكتاب "الفخري" فى الجبر والمقابلة للكرجي، ومن بعد ما ترجمه إلى اللغة الفرنسية وشرحه شرحا رياضيا وتاريخيا وفلسفياً. فلقد كانت النتيجة الرئيسية لهذين المؤلفين الجبريين -"الفخري" للكرجى و"الباهر" للسموأل- صياغة معرفة أفضل بالبنية الجبرية للأعداد الحقيقية. ولكن هذه النتيجة وغيرها مما استخلصها الجبريون، من هذه المدرسة، كثيرا ما نسبت إلى رياضيين متأخرين مثل شوكيه وستيفل. على أن النتائج التى أنتجها الكرجى والسموأل قد عبرت تعبيرا فعلياً عن تغير فى الأسلوب الفعلى لمقاربة الجبر.

فقد بدأ الكَرَجى بدراسة شتى " أسس المجهول ". وبعد أن عرض بصورة لفظية، أى من دون استخدام الرموز، قاعدة جمع الأسس ، حاول أن يعمم فكرة الأس الجبرى لمقدار ما، وهو الأس المعرف بالاستقراء الرياضي، على مقلوبة وقد وضح خلفاؤه وتمموا هذا التعميم واستطاعوا فى نهاية الأمر وبفضل تحديد الأس الصفرى :

س٠ = ١ بشرط أن تكون س مختلفة عن صفر،

أن يصوغوا القاعدة الخاصة بالأسس الصحيحة الموجبة.

ولم يسع الجبريون إلى تطبيق عمليات الحساب على التعابير الجبرية إلا بعد تعميم مفهوم الأس الجبري. وكانت النتيجة المباشرة لهذا التطبيق هو ظهور أول بحث من أبحاث جبر " متعددة الحدود ". ذلك أن الكرجى لم يكتف بدراسة عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة واستخراج جذر " المفردات "، بل درس حالة متعددات الحدود. غير أنه وأن كان يحسن فى حالة متعددات الحدود وضع قواعد عامة لعمليات جمع الجذور وطرحها وضربها، فالأمر لم يكن كذلك فى قسمتها واستخراجها. فهو فى الواقع لم يتناول سوى قسمة متعددة حدود على مفرده. وإذا كان قد استخرج الجذر التربيعى فهو اقتصر على جذر متعددة حدود ذات معاملات منطقة موجبة.

ومع ذلك أمكن رشدى راشد دراسة المسائل التى اعترضت الكرجى فى وضعه الأعداد السالبة. ومع أن الكرجى أورد أن "الكميات السالبة" لا بد من عدها وكأنها "حدود"، فإن الممارسة أهملت هذا الاعتبار. ولئن كان الكرجى قد تقبل من دون تحفظ، طرح عدد موجب من عدد موجب آخر، فهو لم يقر صراحة بأن عملية طرح عدد سالب لا تعدو أن تكون عملية جمع. من هذه الحالات أمكن رشدى راشد أن يدرس مسألة وضع

قواعد عامة لقسمة واستخراج الجذر التربيعى لمتعددات الحدود ذوات المعاملات المنطقة. غير أن خلفاء الكرجى فى القرن الثانى عشر الميلادى وضعوا قواعد عامة للعلامات.

وبعد أن صاغ خلفاء الكرجى تلك القواعد استطاعوا إتمام المهمة واقتراح قاعدة لقسمة متعددات الحدود ولاستخراج الجذر التربيعى لمتعددة حدود ذات معاملات منطقة. ولم يكن الأسلوب المقترح آنذاك سوى امتداد لخوارزمية اقليدس لقسمة الأعداد الصحيحة الموجبة حتى تشمل التعابير المتعددة الحدود، عدا أن نظرية القسمة أسست لدراسة فصل آخر من فصول هذا الجبر لا يقل أهمية عنها ألا وهو: تقريب الكسور الصحيحة بعناصر حلقة متعددة الحدود ذات المتغير الواحد.

وسلك هؤلاء الجبريون مسلكا مماثلا لتطبيق القسمة العادية على متعددات الحدود، لاستخراج الجذر التربيعى لمتعددة الحدود ذات المعاملات المنطقة. فعمم أسلوب الكرجى وشرع فى استخراج الجذر التربيعى لمتعددة حدود ذات معاملات منطقة.

وفى ضوء توسيع الحساب الجبرى ليشمل التعابير المنطقة واصل الكرجى وخلفاؤه، تحقيق المشروع نفسه بغرض تبيين كيفية العمل عن طريق الضرب والقسمة والجمع والطرح واستخراج الجذور على المقادير الجبرية الصماء. وإلى جانب النتائج الرياضية المحض التى تحققت من خلال هذا التوسيع، بدأت دراسة متميزة فى تاريخ الرياضيات تعلقت بالتفسير الجبرى للنظرية الواردة فى المقالة العاشرة من " كتاب الأصول " لأقليدس. كان الرياضيون القدماء الذين اقتفوا أثر " بابوس " ، العالم الرياضى الاسكندرانى من بداية القرن الرابع الميلادي، من أمثال ابن الهيثم، كانوا يعتبرون " كتاب الأصول " لأقليدس، كتابا فى الهندسة. ارتبطت هذه المفاهيم، فى ضوء عمل الجبريين، بالمقادير بعامة، العددية والهندسية. وأخذت النظرية تتبوأ مكانها فى مجال نظرية الأعداد من خلال الجبر.

لم يتساءل الكرجى ولا خلفاؤه عن وجود الأعداد الحقيقية، لكنهم انطلقوا من تعريفات المقالة العاشرة من " كتاب الأصول " لأقليدس، ثم عمموها. فالكرجي، شأنه شأن اقليدس، سعى إلى تقرير أن التعابير الحاصلة من مزج عدة جذور هى تعابير صماء. إلا أنه خالف اقليدس فى أنه وسع مجال تطبيق مفاهيم المقالة العاشرة من " كتاب الأصول " لأقليدس، على كل مقدار جبري. وعلى غرار المفردات، تنقسم ذوات الحدين إلى مالا نهاية. من هنا صاغ الرياضيون قواعد عامة لمختلف العمليات التى تجرى على الأعداد الجبرية الصماء وعادوا إلى مقاربة عدد وفير من مسائل المقالة العاشرة من " كتاب الأصول " لأقليدس، وحلوا أما حلولا جبرية مكافئة لحلول اقليدس أو حلولا متميزة.

من هنا نهض جبر متعددات الحدود وتحققت معرفة أفضل للبنية الجبرية للأعداد الحقيقية. وفى ضوء جبر متعددات الحدود نشأت فصول رياضية جديدة هى : التحليل التوافيقي، والحساب العددي، والتحليل الديوفنطسي. فكشف رشدى راشد عن ثمة عودة إلى نظرية الأعدات، وقد كانت عودة موجهة إذ أن الأفضلية أصبحت للبراهين الجبرية. وهنا بالذات عرض رشدى راشد لنشأة شكل برهانى يعتمد الاستقراء الرياضى المنتهي. وبين الرياضيون القوانين المتعلقة بإيجاد مجموع مربعات ومكعبات الأعداد الطبيعية المتوالية على النظم الطبيعي، كما عرضوا لقانون مفكوك ذات الحدين وبرهنون عليه كما وضعوا جدول المعاملات. أما فى مجال الحساب العددى فقد طرحون مسألة استخراج الجذر النونى لعدد صحيح موجب وحلوها، كما اخترعوا الكسور العشرية وطرق التقريب وطرقا مشابهة للطرق التى يطلق اسم " روفيني- هورنر " لحل المعادلات العددية.

وحقق رشدى راشد "فن الجبر عند ديوفنطس"، ١٩٧٥ ، " ديوفنطس : علوم العدد، الكتاب ٤، المجلد ٣، ١٩٨٤، فى اللغة الفرنسية،" ديوفنطس : علوم العدد، الكتب ٥ و٦ و٧، المجلد ٤، ١٩٨٤، فى اللغة الفرنسية، "الأعمال المفقودة لديوفنطس، ١، مجلة تاريخ العلوم، ٢٧؛٢، ١٩٧٤، (فى اللغة الفرنسية)، "الأعمال المفقودة لديوفنطس، ١، مجلة تاريخ العلوم، ٢٨؛٢، ١٩٧٥، (فى اللغة الفرنسية)، وكتب مادة "ديوفنطس الاسكندراني"، فى "الموسوعة الفرنسية"، ١٩٨٥، فى اللغة الفرنسية، وعلق "تعليقات حول الصيغة العربية للكتب الثلاثة الأولى من علوم العدد لديوفنطس وحول المسألة، ٣٩؛١، تاريخ العلم، ٤-١، ١٩٩٤، فى اللغة الفرنسية، وكتب "التحليل الديوفنطسي، التحليل والتركيب، تساوى المحيط، قاموس تاريخ العلوم وفلسفتها، فى اللغة الفرنسية. فالتحليل الديوفنطسى المنطق، أو ما يُسمى أحيانا بالتحليل غير المحدد، قد ورد فى نهاية كتاب الخوارزمى من دون أن يذكره الخوارزمى صراحة. وخصص أبو كامل، من بعد الخوارزمي، فصلا من كتابه عن "الجبر والمقابلة " للتحليل الديوفنطسى المنطق، أو ما يُسمى أحيانا بالتحليل غير المحدد. ووضع له مناهج دقيقة تماما. كان ذلك هو الوضع قبل أن نقل مقالات ديوفنطس فى " المسائل العددية"، إلى اللغة العربية. وقد أسفرت هذه المقالات بعد ترجمتها عن قراءتين، الأولى كانت قراءة الجبريين بينما ارتبطت القراءة الثانية بمذهب آخر. فالجبريون العرب رأوا فى " المسائل العددية " لديوفنطس مجموعة متتالية من المسائل التى تكافئ فى معظمها معادلات – أو نظم من المعادلات – غير محددة لا تزيد درجتها على ٩ ذوات مجهولين أو أكثر ولا تتضمن إلا مقادير منطقة، وينبغى أن تكون حلول هذه المعادلات أعدادا منطقة موجبة. وهكذا فسرت أخيرا أعمال ديوفنطس تفسيرا قوامه المجاهيل والأسس والوسطاء. وقد أسس هذا التفسير للجبريين فى ذلك العصر لأن يدرجوا فى الجبر عددا كبيرا من مسائل ديوفنطس وأساليبه. فديوفنطس

" التاريخى " يكاد يكون غير " ديوفنطسى ". فديوفنطس " التاريخى " لا يفرق تفريقاً واضحا بين المسألة المحددة والمسألة الغير المحددة. وفى هذه الحالة الثانية لم يحل ديوفنطس " التاريخى " الحلول كافة.

ولكن الجبريين العرب عرفوا هذا التمييز. وأطلقوا على هذا الباب الثاني، الذى أصبح بابا مستقلا، عنوان " فى الاستقراء "، أى التحليل الغير المحدد. وكان مصدر هذا التمييز هو تطور جبر متعددات الحدود وما ترتب عليه من تغيير لنظرية المعادلات. صارت مادة باب "الاستقراء" هى المعادلات متعددة الحدود، ذات متغيرين على الأقل، ولكنها ليست من المتطابقات وبالتالى فهى غير مختزلة. وهذه الأعمال التى أنجزتها المدرسة العربية والتى أدخلها فيبوناتشى -ليوناردودى بيزا- فى أوروبا لم تتغير قبل ظهور بيار فِرما.

أما المذهب الثانى الذى أدت إليه ترجمة " المسألة العددية " لديوفنطس فاعتبره رشدى راشد على نحو ما رد فعل سلبيا إزاء الجبر الذى كان سائدا فى ذلك الوقت. فثمة رياضيون من القرن العاشر الميلادي، مثل الخازن، كانوا يعرفون الجبر، لكنهم تجنبوه عمدا، مع ارتباطهم بالتراث الأقليدي، دراسة المعادلات الغير المحددة ذات الحلول المنطقة. لم يكن تصورهم للعدد يؤسس لقبول سوى الحلول التى تسفر عن أعداد صحيحة. وتكمن أهمية دراسة هذه الحلول فى أنها تؤسس لعلم حساب جديد. فهذا العلم الذى نهض فى القرن العاشر الميلادى هو العلم الوارد عند باشيه دى ميزيرياك وعند بيار فيرما قبل عام ١٦٤٠ . ففى القرن العاشر الميلادى كان الاهتمام يدور على نظرية المثلثات العددية الفيثاغورية المتوافقة الشهيرة، وظاهرة التوافق الخطي، وحل المعادلات البسيطة متعددة الحدود بمقاس عدد صحيح ما. وقد أسفر ذلك عن نتيجة أهم ألا وهى : المكانة المعرفية للمسائل المستحيلة.

إن مسائل عدة كانت لها الحظوة لدى الرياضيين اليونان بل ولدى رياضيى القرنين الثالث والرابع الهجريين وهى : مسألة الوسطين المتناسبين، ومسألة تثليث الزاوية، ومسألة المسبع المنتظم، وما إلى ذلك من المسائل التى عرفت بالمسائل " المستحيلة " لأنها لا يمكن حلها بالمسطرة والفرجار. وحدس كبار الرياضيين استحالة هذا الحل. لذلك لجئوا إلى حل هذه المسائل بواسطة قطوع المخروط. لذلك درس ابن الهيثم، تمثيلا لا حصراً، المسبع المنتظم. ولم يكن أى من هؤلاء الرياضيين قد حاول بعد إثبات هذه الاستحالة. وكان الجبريون يعتبرون المعادلة من الدرجة الثانية أو الثالثة مستحيلة إذا كان أحد الجذور غير حقيقي. وفى كلتا الحالتين تسمى مستحيلة تلك المسألة التى تفشل فى حلها هذا المنهج أو ذاك من مناهج الإنشاء أو التحليل عندما لا يتوافر هذا الشرط أو ذاك. ولكن تحولا جذريا طرأ على هذا المعنى عندما اعتزم رياضيو القرن العاشر الميلادى تطوير نطاق نظرية الثلاثيات الفيثاغورية فى اتجاه أخر أى عندما تساءلوا عما إذا كان بالإمكان حل المعادلة المسماة معادلة فيرما فى حالة ن = ٣ ، بالأعداد الصحيحة. فعندئذ أقروا بهذه الاستحالة

فى ماهيتها – أى على نحو مطلق– بوصفها موضوع البرهان. ولفتت هذه المسألة انتباه ابن سينا. وهى حين اقترنت بمسألة التمييز بين المتطابقات أتاحت السبيل لتصنيف جديد للقضايا الرياضية ظل يستخدم لغة الجهات الأرسطية مع توجيهها نحو القابلية للحساب.

تأثر مشروع علماء الجبر الحسابية، إذن، بتوسيع مجال تطبيق العمليات الحسابية. فالنتائج التى توصل إليها هؤلاء الرياضيون لم تكن مهمة فى ذاتها وحسب إنما أسست لبداية أخرى للجبر. لم يعد الجبر متصلا بعلم الحساب وحسب إنما غدا مرتبطا بالهندسة. فهو منذ البداية لا يتجه إلى توسيع مجاله بقدر ما يتجه إلى تنظيم مادته، إذ كان يستهدف تنظيم دراسة المعادلات التكعيبية ووضع نظرية لها. ومن أجل فهم مدى هذه المهمة كان لا بد لرشدى راشد أن يدرس تاريخ نظرية المعادلات التكعيبية، وأن يدرس، أولا، الطريقة التى عرض لها الخيام نفسه (١٠٤٨ – ١١٢٣).

لم يصل الخيام شئ من اليونان فيما يتعلق بنظرية المعادلات التكعيبية ولئن كان أرشميدس قد وضع مسألة هندسية يمكن التعبير عنها بمعادلة تكعبيه فلا هو ولا من شرح أعماله من بعده استطاع أن يصوغ هذه المسألة صياغة جبرية وكان لا بد للماهانى أن يؤدى هذه المهمة بينما رجع الفضل فى حلها إلى الخازن ولكن أحدا منهما أو ممن سبقوهما أو ممن عاصروهما لم يحاول أن يعد نظرية حقيقية للمعادلات التكعيبية.

ميز الخيام ليس فقط بين مسألة هندسية يمكن التعبير عنها بمعادلة تكعبيه وبين ترجمتها ترجمة جبرية بل فرق بين حل أيّة مسألة من هذه المسائل وبين صياغة لنظرية للمعادلات التكعيبية.

وهكذا ظهرت مشكلة مكانه هذه النظرية الخاصة. من المعروف أن الرياضيين اليونان واجهوا مسألتى تضعيف المكعب وتثليث الزاوية وهما مسألتان من مسائل الدرجة الثالثة بل أن الرياضيين العرب عرفوا وناقشوا باستفاضة المقدمة التى استخدمها أرشميدس ولكن برهانها لم يرد له ذكر فى " كتاب الكرة والاسطوانة ". ومن المعروف أيّضا أن هذه القضية يمكن التعبير عنها بمعادلة تكعبيه حلها أو طوقيوس ثم حلها من جديد رياضيون عرب مثل ابن الهيثم وقد أنجز هذا الحل عن طريق قطع مكافئ وقطع زائد، غير أنه لم يحدث قط أن فكر الرياضيون قبل الماهانى فى رد هذه المسألة أو غيرها، كتضعيف المكعب (س٣ = ٢) ، إلى تعابيرها الجبرية.

وقوى الاتجاه إلى التعبير الجبرى عن مسائل الدرجة الثالثة فى القرن العاشر الميلادي. وعاد ذلك إلى ثلاثة أسباب : التقدم البين الذى حققته نظرية معادلات الدرجة الثانية، واحتياجات علم الفلك، والدراسة المنتظمة لمسائل من الدرجة الثالثة مثل تضعيف المكعب وتثليث الزاوية وإنشاء المسبع المنتظم...الخ. ومن

خلال التقدم الذى تحقق لهذه النظرية حصل الجبريون على نموذج الحلول الجبرية - بالجذور - الذى يريدون أن يلتزموا به فيما يتعلق بالمعادلات من درجة أعلى وخاصة فيما يتعلق بالمعادلة التكعيبية. أما علم الفلك فقد طرح مسائل عدة بشأن معادلات من الدرجة الثالثة. فالماهانى نفسه (الذى يعتقد أنه توفى بين ٨٧٤ و ٨٨٤) كان فلكيا. ولكن البيرونى (٩٧٣ - ١٠٤٨) على وجه الخصوص هو الذى صاغ صراحة معادلتين تكعيبيتين وحلهما من أجل تحديد أوتار بعض الزوايا بغية وضع جدول الجيوب. وطرحت هذه الصيغ الجبرية لمسائل من الدرجة الثالثة التى أجراها الماهانى والبيرونى وغيرهما من معاصرى البيرونى من الرياضيين، من أمثال أبى الجود بن الليث، طرحت هذه الصيغ الجبرية مشكلة لم يفكر فيها أحد قبل ذلك التاريخ وهى : هل بالإمكان التعبير عن هذه المسائل بمعادلات تكعبيه ؟ هل بالإمكان تصنيف جملة مسائل الدرجة الثالثة، إن لم يكن من أجل التوصل إلى حل فى " أناقة " حل معادلة الدرجة الثانية من خلال الجذور، فعلى الأقل من أجل تقديم حلول منتظمة ؟

لم يكن بالإمكان التفكير فى هاتين المسألتين من دون تطوير نظرية المعادلات مضاعفة التربيع والحساب الجبرى المجرد، أى من دون تجديد الجبر الذى بدأه الكرجي. فلا الرياضيون اليونان ولا الرياضيون العرب كانوا قد طرحوا هذا السؤال قبل هذا التجديد. وكانت المسألة التى أثارها الخيام وأوجد حلا لها بمثابة بداية عهد جديد للجبر. وقبل أن يشرع الخيام فى حل هذه المعادلات بدأت فى وضع تصنيف للمعادلات من الدرجة الثالثة وما دونها. وقد اعتبر البعض أحيانا هذه الدراسة نظرية هندسية للمعادلات التكعيبية. ولكن إذا كان المقصود بالنظرية الهندسية هو استخدام الأشكال الهندسية لتحديد الجذور الحقيقية الموجبة لهذه المعادلات، فقد يكون فى هذه المطابقة شئ من التعسف، إذ أن الشكل الهندسى لا يلعب إلا دورا مساعدا فى جبر الخيام، وفى جبر شرف الدين الطوسى من بعده (ت نحو عام ١٢١٣)، بوجه خاص. وبدلا من أن يقتصر هؤلاء الرياضيون على تلك الأشكال فكروا فى صورة دوال ودرسوا المنحنيات بوساطة معادلاتها ولئن كانوا قد وجدوا حلول هذه المعادلات عن طريق تقاطع مخروطين، فإنهم مع ذلك برهنوا فى كل حالة على هذا التقاطع بطريقة جبرية أى بوساطة معادلات المنحنيات. وهكذا لاحظ رشدى راشد أن الطوسى يعمل عن طريق تحويل خطى س ← س + أ أوس ← أ - س لكى يرد المعادلات التى ينبغى حلها إلى معادلات أخرى يعرف حلها. ومن أجل حل هذه المعادلات يدرس الطوسى النهاية العظمى لتعابير جبرية فيأخذ بطريقة منتظمة - من دون أن يسميها - المشتقة الأولى لهذه التعابير ويجعلها مساوية للصفر. ثم أثبت أن جذر المعادلة الحاصلة المعوض فى التعبير الجبيرى يعطى النهاية العظمي. وبعد الكشف عن أحد جذور معادلة تكعبيه، يدرس الطوسى أحيانا - من أجل تحديد الجذور الأخرى- معادلة من الدرجة الثانية ليست فى الواقع سوى حاصل قسمة المعادلة التكعيبية على (س - ر) حيث ر هو الجذر الذى سبق أن وجده. وهو يعرف أن متعددة

الحدود من الدرجة الثالثة قابلة للقسمة على (س – ر) إذا كان ر جذر من جذور المعادلة من الدرجة الثالثة الموافقة لمتعددة الحدود. وبعد أن درس الطوسى المعادلة، حاول أن يعين حدا أعلى وحدا أدنى لجذورها الحقيقية.

من هنا قدم رشدى راشد حقائق تاريخية لم تكن معروفة، من قبل عمل رشدى راشد. وبين رشدى راشد بوجه خاص المستوى النظرى والفنى الذى بلغه هذا الجبر ومدى تعقد المسائل التاريخية من دون الاقتصار على إحصاء النتائج. وانتقل رشدى راشد إلى دراسة تاريخها. وكشف رشدى راشد عند هؤلاء الجبريين ظهور استخدام المشتقة فى أثناء مناقشة المعادلات الجبرية وفى مجرى حل المعادلات العددية. إلا أنه من المعروف أن استخدام " المشتقة الأولى " المرتبط بالبحث عن النهايات العظمى لم يكن جديدا. على أنه ظل استخداما عرضيا يثيره هذا المثال أو ذاك ولم يصبح مفهوم المشتقة جزءا لا يتجزأ من حل المعادلات الجبرية والعددية إلا على يد هؤلاء الجبريين، ولا سيما الطوسي. وفى الواقع لم يتحقق تعميم هذا الاستخدام إلا بعد تعميم نظرية المعادلات التى كانت فى ذلك الوقت موضع محاولات تبذل لإعدادها، ومن خلال البحوث التى كان يجريها الرياضيون الذين كانوا يمارسون نشاطهم فى مجالات أخرى. ذلك أن بنى موسى وثابت بن قرة وحفيده إبراهيم بن سنان والكوهى وابن الهيثم وكثيرين من غير الجبرين، أنجزوا فى مجال تعيين قيمة الكميات المتناهية الصغر أعمالا مهدت الطريق بصورة غير مباشرة لمحاولات الجبريين. فعن طريق رفضهم تفسير العمليات الجبرية تفسيرا هندسيا، مما هو ظاهر لدى بنى موسى ومما أكد عليه من جاءوا بعدهم، وعن طريق اكتشاف قوانين حسابية جديدة لازمة لحساب المساحات والأحجام، فإنهم قد زودوا هؤلاء الجبريين بأساليب أثبتت صلاحيتها للبحث عن النهايات العظمي. ولكن مجرد تعداد وتصنيف مسائل الدرجة الثالثة، اللذين كان يقتضيهما إعداد نظرية المعادلات التى كان الجبر قد اختلط بها منذ ذلك الحين، وكذلك البحث عن أسلوب لحل معادلات تكعبيه، كل ذلك وسع مجال تطبيق الأساليب التى كان يستخدمها الجبريون فى تعيين قيمة الكميات المتناهية الصغر، ولا سيما أساليب البحث عن المشتقة الأولى. وبفضل الكميات المتناهية الصغر، كان مفهوم " المشتقة " موجودا، غير أنه توارى عن الأنظار بسبب قلة الرموز الجبرية.

وذلك فسر، فى رأى رشدى راشد، الاستخدام المنتظم لهذا المفهوم مع من أن العلماء لم يطلقوا عليه اسما أو عنواناً. لقد استخلص رشدى راشد إذن النتائج الرئيسية للاتجاهات التى سلكها الجبر فى المجتمع الإسلامي. ولكن هذا الإسهام الذى قدمه العلم العربى غالبا ما كان يغيب عن كتب تاريخ الرياضيات، بل إن معظم هذه النتائج تنسب – فى مؤلفات تاريخ الرياضيات أوفى تاريخ العلوم العام– إلى الرياضيين الغربيين الذين ظهروا بدءاً من القرن السادس عشر الميلادي. وهو ما يشوه المنظور التاريخى نفسه. لكن رشدى راشد

أثبت الإسهام الذى قدمه العلم العربى فى الجبر كما فى فروع علمية أخرى كثيرة مثل علم الفلك وحساب المثلثات وعلم المناظر وغيرها من العلوم.

من جهة أخرى، ربط البعض أصول التجريب العلمى بتيار الأفلاطونية الأوغسطنية، بينما يربطه البعض الآخر بالتراث المسيحى بعامة وبعقيدة تجسد المسيح بخاصة. وهناك أيّضا من يربطها بمهندسى عصر النهضة، بينما يربطها آخرون بمؤلف " الأداة الجديدة " لفرانسيس بيكون. وأخيرا لا يتردد آخرون فى ربطها بجليبرت وهارفى وكبلر وجاليليو. وتلتقى الآراء جميعا عند نقطة واحدة هى اتسام المعايير الجديدة بالطابع الغربي. غير أن عددا من المؤرخين والفلاسفة تخلوا منذ القرن التاسع عشر الميلادى عن هذا الموقف وردوا أصول التجريب إلى الحقبة العربية ومن أمثال هؤلاء ألكسندر فان همبولدت فى ألمانيا وكورنو فى فرنسا. لكن اعترف رشدى راشد أنه لم يكتب بعد تاريخ العلاقات بين العلم والفن ولا تاريخ الروابط بين الرياضيات والطبيعة. وما دام هذان الموضوعان لم يؤرخ لهما، فإن مسألة المعايير التجريبية ستظل موضع جدال.

إن الأمثلة التى عرضناها، والمستمدة من الجبر والطبيعة، تبين الدفعة التى أعطاها المجتمع الإسلامى للفكر الرياضي. ومن الواضح فى مثل الجبر أن الهدف لم يكن إضافة بعض النتائج الجديدة للتراث اليونانى والهندى إنما كان إنشاء فرع علمى لم يعرف من قبل ثم أفاد بعد إنشائه من هذا التراث. وأهم من ذلك ما أسفر عنه هذا العلم الجديد من فروع وما تمخض عنه من مذاهب متعددة وما ظهر من شبكات تمثلت فى أبواب جديدة. فلقد رأيّنا أن المذهبين الرئيسيين فى علم الجبر أتاحا لكل من الحساب العددى والتحليل الديوفنطسى للأعداد المنطقة والتحليل الديوفنطسى للأعداد الصحيحة ، والتحليل التوافيقى أن تنهض جميعها كأبواب رياضية. ولكن هذا الإنتاج العلمى نفسه لم يكن من ناحية أخرى على هامش الحياة العملية. فالتحليل التوافيقى لم يقتصر استعماله على الجبريين بل أن اللغويين، ابتداء بالخليل بن أحمد ، استغلوه فى معاجمهم. أما الجبر الحسابى فقد استعمله الفقهاء أنفسهم وأطلقوا عليه اسم " حساب الفرائض " أى تطبيقات الجبر على المسائل القانونية الخاصة بالمواريث والوصايا وما إلى ذلك وفقا للتعاليم الدينية. ولكننا رأيّنا من ناحية أخرى أن الجبر نفسه كان يقدم مدارات البحث للفكر المجرد للفيلسوف. كان العلم الجديد يشكل إذن بتطبيقاته وموضوعاته، نشاطا ذاتيا خاصا بمجتمع تلك الفترة. لذلك كثيرا ما كانت ترد مادة الجبر أو الجبر الحسابى على الأقل فى مناهج دور العلم التى كانت تدرس أصول الفقه والكلام مثل المدرسة النظامية فى بغداد. كما كان يوجد فى المراصد متخصصون فى فروع أخرى من هذا العلم الجديد. فمن البيّن إذن أن معرفة التاريخ الموضوعى للعلم تقتضى أولا الخلاص من التصورات الموروثة من القرن التاسع عشر الميلادى ، مثل فكرة النهضة العلمية التى قامت فى القرنين السادس عشر الميلادى والسابع عشر الميلادى من دون أن يسبقها أى علم سوى العلم اليوناني.

طرح سؤال الرمز للمرة الأولى بصدد التعبير عن متعددات الحدود. فاستخدمت أولا الجداول كنوع من الرمزية ، وكان هذا الأسلوب ثقيلا جدا ولكنه كان يؤسس للتعبير عن متعددات الحدود بطريقة جيدة. فإن نوعا آخر من الرموز فى ذلك الوقت كان من الممكن أن يخلط بين متعددات الحدود وبين دوالها . فهذه التعابير الرمزية كانت ثقيلة وان كانت بسيطة من حيث المبدأ وهى فوق ذلك ليست رموزًا تماما. إن مشكلة الرموز قد طرحت نفسها بعد هذا التعقد والذى طرأ على مجموع التعابير الجبرية. لقد طرح موضوع الرموز فى المغرب بالذات. وهناك أيّضا ظهرت محاولات استخدام الرموز فيما يتعلق بعرض معين للمتغيرات وبصياغة المسائل فى صورة معادلات. ولكن الاتجاه العام كان يعتمد على طرح مسألة الرموز والتأكيد على حاجتنا إليها.

غير أن مشكلة الرموز فى نظر رشدى راشد ليست ضرورية أو إجبارية فى الجبر. كان من الممكن استمرار البحوث فى الجبر طويلا من دون استخدام الرموز. وقد يتعذر على غير المتخصص عندئذ أن يفهمه، إلا أن المتخصص سيظل فى وسعه أن يتابعه. وقد فرضت الرموز نفسها عندما بدأ الاهتمام بتحليل الكميات المتناهية الصغر.

أما مشكلة اللغة فهى تندرج فى نطاق رياضيات الرياضيات الذى يشكل المستوى الأول، إذ كان من المطلوب توظيف المنطق الأرسطى من جهة ومن جهة أخرى تجديد موضوع تقليدى من موضوعات فلسفة الرياضيات ، ألا وهو مشكلة التحليل والتركيب. ولم يحدث تطور فى المنطق الرياضى فى اللغة العربية فى ذلك الوقت. وظل الفلاسفة، فى الاتجاه الغالب عليهم، تقليديين فى تلك المجالات، باستثناء الفلاسفة الرياضيين. فهؤلاء الرياضيون قد كشفوا عن عدد من المسائل النوعية الجديدة. درس ابن سينا، تمثيلا لا حصراً، نشوء فكرة الاستحالة عن أمر جديد. فقد ذكر مرتين مثال استحالة المعادلة المسماة معادلة بيار فرما فى حالة ن = ٣ . ومن ناحية أخرى هناك انعكاس واضح للرياضيات فى تعريفات الفارابي. وضرب رشدى راشد مثالا دالا على ذلك وهو ما كتبه الفارابى وابن سينا عن مفهوم " الشىء " وعن الاختلاف البين بين " الشىء " و" الموجود ". فلماذا إذن شعر الفلاسفة فى اللغة العربية بحاجة إلى إدخال تغيير جذرى على وضع مسألة طرحت بشكل مختلف تماما عند الفلاسفة اليونان ؟ لماذا قبلوا أن يكون مفهوم " الشىء " أعم وأوسع من مفهوم " الموجود " ؟ يرى رشدى راشد أن مفهوم المتغيرات والجبر وراء ذلك الاختلاف بين الفلاسفة المسلمين والفلاسفة اليونان. لقد قال الفارابى إن المعدوم شئ، وهذا القول ليس يونانيا تماما. كان الجبر وراء ذلك.

إن تاريخ العلوم قد كتب وكأنه سرد لسلسلة من المعجزات. لكن رشدى راشد يبحث كمؤرخ. ففى فترة معينة يظهر " س" فجأة، ولكن يوجد قبله فراغ تام : فليس بالإمكان دراسة الكيفية التى توصل بها " س " إلى هذه النتيجة. ولا يعنى ذلك أبداً أنه ينبغى البرهنة على وجود سلسلة متصلة من المخترعين. ليس رشدى راشد من أنصار "الاتصال" فى تاريخ العلوم بعامة. ولكن ليس فى تاريخ العلوم خلق من عدم. لماذا وصل " س" إلى تلك المبادئ فى حين أننا نحس أحيانا أنه لا يمتلك ناصيتها تماما ؟ ليس عن عجز ولكن لأنها تتجاوز إمكاناته. وليس بالإمكان دراسة بيار فرما أورنيه ديكارت ، من دون معرفة أسلافهم. لماذا شغل فرما عقله بمسألة الأعداد وبنظرية الأعداد ؟ لماذا وقع ذلك فى تولوز فى ذلك الوقت بالذات وفى تلك المنطقة ؟ إن تاريخ العلوم قد كتب وكأنه سرد لسلسلة من المعجزات ، وكأى تاريخ " عسكرى " ، أى أن آخر الفاتحين هم الذين كتبوه. إن تاريخ العلوم قد كتب وكأنه سرد لسلسلة من المعجزات ، وكأى تاريخ " عسكرى " ، أى أن تيار الغربيين العنصريين، والاستعماريين، هم الذين كتبوه. فليس المطلوب، كما قد نتوهم، هو تصويب الأخطاء أو المطالبة بمنح الأولية لكشف هنا أوهناك.

لقد اصطنعت بضع معجزات فى القرن التاسع عشر الميلادي، خاصة " المعجزة اليونانية ". فما هى النظرية التى سادت فى القرن التاسع عشر الميلادى ؟ هناك نظريتان أساسيتان فى القرن التاسع عشر الميلادي، الأولى هى مفهوم المعجزة اليونانية، والثانية هى الاتصال بين الثقافة الهلينية وأوروبا ، كما لو كانت أوروبا هى الوريثة الوحيدة للتراث الهليني. مع أنه لم تكن هناك علاقات بين التراث الهلينى وأوروبا ، إذ تركز الهلينى أساسا فى شرق البحر المتوسط والذين ورثوه هم الفرس ومن كانوا يتكلمون العربية من المسلمين وغير المسلمين. لقد بدءوا بترجمة المؤلفات اليونانية إلى السريانية أو العربية وبذلك كفلوا اتصال هذا التراث. كانت هذه هى أولى مغالطات القرن التاسع عشر الميلادي. أما المغالطة الثانية فهى الحديث عن المعجزة اليونانية وإرجاع كل شئ إلى علم الهندسة اليوناني. ولكن حصر العلم اليونانى فى مجال الهندسة وحدها فيه تشويه له. من جهة أخرى، فمن المهم فهم ما حدث فى الهند لفهم نظرية الأعداد. فنجد فى الهند مثلا المعادلة المسماة بمعادلة بيزو *BEZOUT*. فكيف نعلل وجود تلك المعادلة بعد ذلك التاريخ فى مكان آخر؟ وكيف اكتشف تلك المعادلة المميزة التى بسطت حلولها إلى أقصى حد؟ كيف تغير شكلها ؟ تلك هى المواضع العملية فى البحث.

فى بعض الأحوال نحتاج للترجمة العربية نفسها لتحقيق نص ما، وهذا صحيح بالنسبة إلى أرسطو. ولكن الجانب الذى وجه رشدى راشد كان أعمق من مجرد الشرح العربى على النص اليوناني، إذ أراد تناول فرع علمى ليست له سوابق يونانية. أراد أن يقلب الفكرة التى سادت فى القرن التاسع عشر الميلادى وذلك بأن

اظهر ما تتسم به من تناقض ، أى أنه من الممكن التصرف بطريقة أخرى تجاه مجموعة من الفروع العلمية الأخرى.

رأى رشدى راشد أن اختيار لايبنتز كان اختيارا مميزا من الناحية التاريخية، لأن كل الناس كانوا يتكلمون حينئذ عن اللغة العالمية ، ولكن اختيار لايبنتز لم يلق النجاح فى زمنه. وبعبارة أخرى كان لا بد من انتظار ظهور نوع من الرموز ، أو مفهوم أكثر قوة من اللغة الرياضية حتى نصل إلى ذلك الامتزاج أو الارتباط . وما أراد رشدى راشد أن يقوله ببساطة هو أن اللغة الرياضة كانت لا تزال لغة عادية وأنها ظلت لغة عادية حتى مع وجود بعض الرموز . والنقطة الثانية هى أنه يحب الفلسفة كثيرا، لكن تلك الفلسفة المتميزة عن مجرد النقل.

فالوجهة الفلسفية كانت محور الباب الثالث : الفلسفة كما صاغها الرياضيون العرب لا كما صاغها الفلاسفة الخلص. فى هذا الباب الثالث عن فلسفة الرياضيات العربية، أتناول بالتحليل والنقد رؤية رشدى راشد الفلسفية إلى الرياضيات والنظر الرياضى للفلسفة فى آن واحد. فهو باب يعرض للتاريخ الفكرى للأفكار الرياضية العربية، وبوجه خاص طرق البرهان فى الرياضيات، وأساس المعرفة الرياضية، واليقين الرياضي. وذلك لتعيين -تحليلي/نسبي/تفاضلي- طبيعة المعرفة الرياضية ومنزلتها فى اليقين الممكن للإنسان العربى وحدود العقل العربى فى البحث عن الحقيقة. فى الوجهة التاريخية، ينظر رشدى راشد إلى العلم كعلم لا كظاهرة ثقافية عامة، ويدرس تطوره فى الحضارة العربية. ولا يزال مجال البحث فى هذا الميدان مفتوحا تماما.

إن البحث التاريخى فى الرياضيات، عند رشدى راشد، هو جزء من آلية إنتاج المعرفة العلمية نفسها من دون النظر الضرورى إلى مسلمات إنتاج العلم واستعماله. وهو يقف على الوقائع العلمية بالذات بالنصوص والمخطوطات والوثائق. ويكاد فى أغلب الأحيان يصرف النظر عن المسلمات التاريخية الاجتماعية التى تربط الظاهرة العلمية بمجموعة البنى والمؤسسات التى يتأثر بها العلم. إن التأريخ الرشدى للرياضيات هو بالضرورة تأريخ من داخل الرياضيات نفسها لا تأريخا سوسيولوجيا. لذلك فهو كمؤرخ للرياضيات يلم إلماما علميا دقيقا كالرياضي، بالأفكار والنظريات والمبرهنات الرياضية. ولا ينحو منحىً سوسيولوجيا فى التأريخ للعلوم الرياضية وفلسفتها.

كان أساس بحث رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية هو البحث فى ترييض العلوم الاجتماعية أو ما سمى باسم "الصياغة الرياضية" للعلوم الاجتماعية وبنيتها الرياضية. ويعود الانتباه الأصلى إلى ترييض العلوم الاجتماعية كعقائد لا شكلية، فى إطار عمل رشدى راشد-كما أشرنا إلى ذلك فى سياق الكلام على

"الرياضيات المزدوجة أو التطبيقية"- ومحتوياتها، إلى مشكلة السَمْطقة اللامتناهية *unlimited semiosis*، أيَ، إلى العلاقة العلامية بين الشكل الرياضى والمضمون الاجتماعى، التى تتكون منها الرياضيات التطبيقية، تنطرح على الدوام -فى إطار العملية اللامتناهية الافتراضية التى تحل من خلالها العلامة أو مجموعة العلامات محل علامة أو مجموعة علامات أخرى- عندما نفكّر فى وضع العلوم الاجتماعية الغير الرياضية، أى فى تفسير العلامة غير الرياضية بمفسرة *interpretant* – هى العلامة الرياضية. ومن دون هذا الإحلال المتبادل بين العلامات، أى من دون الالتباس فى "الرياضيات الخالصة" ومتناقضاتها الدلالية، يعجز الدارس عن استعمال الصور والمجاز، من جهة، كما يعجز الباحث عن ترحيل نظرية قائمة *théorie confisquée*، بحسب اصطلاح جورج كونجيلام *Georges CANGUILHEM*، إلى مكان آخر ولأهداف أخرى : كيف بالإمكان ترييض العلوم الاجتماعية لكى تصبح علوما بالمعنى الصحيح للمصطلح والكلمة والفكرة؟ كيف بالإمكان ترييض دراسة الأخلاق أو دراسة الفضائل أو الرذائل؟

ذلك كان سؤال رشدى راشد العلمى التطبيقى الأصلى قبل أن يدخل مجال التأريخ للرياضيات العربية. ومن هنا لا يكرر رشدى راشد سؤال عمانوئيل كانط حول تطبيق الرياضيات فى مجال الفيزياء كما سبق أن حاول كانط بعامة. كان سؤال رشدى راشد يدور حول العلاقة بين الرياضيات من جهة، وبين العقائد الغير الشكلية *DOCTRINES INFORMELLES*، من جهة أخرى، أو بين الرياضيات والعقائد *DOCTRINES* الخالية من النظرية. انطلق رشدى راشد من موقف العلوم الاجتماعية كعلم الاجتماع والاقتصاد وعلم النفس، التى هى أشبه بعلوم تعيش فى العصور الوسطى، ولم تنضج بعد النضج الحديث. ووصف هذا الموقف بأنه يمدنا بعلوم هى أشبه بمبادئ أو آراء دينية، فلسفية، فقهية، وتنسب إلى أحد المفكرين أو إحدى المدارس. وهى علوم نقلية-تعليمية. ومن خصائص المذهب التعليمى أن تكون مبادئه وحقائقه متصلة بالعمل، لا أن تكون مجرد حقائق نظرية، ولذلك قيل إن الفرق بين العلم والمذهب التعليمى أن العلم يشاهد ويفسر، والمذهب التعليمى يحكم ويأمر ويطبق. ومذهب التعليم عند العرب مذهب الباطنية الذين يدعون أنهم أصحاب التعليم، والمخصوصون بالاقتباس من الإمام المعصوم. يمثل التاريخ التطبيقى للعلوم الجزء الثانى من مشروع رشدى راشد المتعلق بالرياضيات التطبيقية. فقد كان الجزء الأول من هذا المشروع هو البحث فى تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية. كان أساس بحث رشدى راشد فى تاريخ الرياضيات العربية هو البحث فى ترييض العلوم الاجتماعية أو ما سمى باسم "الصياغة الرياضية" للعلوم الاجتماعية وبنيتها الرياضية.

انطلق رشدى راشد، إذن، فى التأريخ للرياضيات العربية، من مسألة أساتذتى الفرنسيين نفسها، ولكنه درسها بطريقة أخرى. انطلق من مسألة تطبيق قوانين الرياضيات فى مجال العلوم الاجتماعية ، ومن استخدام هذه القوانين فى كل من الاقتصاد والاجتماع بوصفها تفسيرا لوقائع معلومة وبوصفها وسائل للتنبؤ بوقائع

مجهولة. كيف نتوصل إلى قوانين الاحتمال ، وعلى أى أساس نبرر اعتقادنا بأن مثل هذه القوانين تنعقد؟ تعتمد القوانين على تسجيل نظم معينة. فهى التى تنظم المعرفة غير المباشرة ، كمقابل للمعرفة المباشرة بالوقائع . فما الذى يبرر لنا الانتقال من تسجيل الوقائع المباشرة إلى وضع قانون يعبر عن نظم معينة فى الطبيعة ؟ تلك هى "مسألة الاستقراء ". وغالبا ما يتناقض الاستقراء مع الاستنباط ، بقولنا إن الاستنباط ينتقل من العام إلى الخاص أو الفردى ، بينما يمضى الاستقراء فى الطريق الآخر ، من الفردى إلى العام. ففى الاستنباط تنتقل أنواع من الاستدلالات من العام إلى الخاص ، كما تظهر فى الاستقراء أنواع متعددة من الاستدلالات. يفترض الفرق أن الاستنباط والاستقراء فرعان لنوع واحد من الاستدلال.

ولكى يتبين لنا بوضوح التمييز بين هذا النموذج من الاحتمال ، والاحتمال الإحصائى عند موريس بودووردولف كارناب ، والاحتمال الرياضى عند رشدى راشد، استحضرنا تاريخ نظرية الاحتمال. فالبحث فى حساب الاحتمال كان أساس الانطلاق فى تأريخ رشدى راشد للعلوم العربية بعامة. من هنا نحت رشدى راشد مجرىً جديدا فى التأريخ للعلوم العربية، على مدار نصف قرن من البحث.

كانت المشكلات الجوهرية إذن هى مشكلات الانتقال من عالم تصورى وسيط إلى عالم تصورى حديث : مشكلات نشأة العلم الغربى الحديث وتكوينه. وهى مشكلات النظر إلى تاريخ العلم الغربى الحديث. بعضنا لا يهجسون إلا بالخلود فى بعض الرؤى المعرفية. إنما المشكلة نفسها التى كان تناولها أساتذتى فى جامعة السوربون هى التى يدور حوله إسهام رشدى راشد: نشأة تاريخ العلوم الحديثة-الكلاسيكية وتكوينها. وهى المشكلة المحورية فى الفكر العلمى المعاصر بعامة. إن مشكلة الفكر العلمى المعاصر الأساسية هى مشكلة تطور المعرفة العلمية وتطورها.

أما إسهام رشدى راشد فقد تركز على الشك فى الكلام السائد الذى يقال فى البحث فى المشكلات الجوهرية التى تتعلق بالانتقال من عالم تصورى وسيط إلى عالم تصورى حديث : مشكلات نشأة العلم الغربى الحديث وتكوينه. وذلك بحثا عن يقين آخر، عن تقسيم آخر لتاريخ العلوم بعامة. فهو لا يهدم رؤى إلا بعد ما يبنى هدمه. أعاد رشدى راشد، إذن، كتابة تاريخ العلم من خلال دراسة تاريخ الجبر وفلسفته ونظرية الأعداد التقليدية والبصريات الهندسية والبصريات الفيزيائية والبنيات الهندسية والمحددات اللامتناهية ومشكلات تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية والإنسانية. واستعاد رشدى راشد بصورة أساسية المبادرات العلمية الأولى التى بفضلها استطاع العلماء فى اللغة العربية لا أن يفتحوا الطريق لعلوم الرياضيات وفلسفتها الحديثة إنما أرسوا أسس الرياضيات الكلاسيكية وفلسفتها.

فى عقد الخمسينيات من القرن العشرين غادر رشدى راشد البلاد من قبل غيره من الباحثين إلى أنحاء العالم بحثا عن مدينة فاضلة أخرى. وارتحل على مدار الأربعين عاما الأخيرة بين أغلب عواصم العالم بحثا عن حلم آخر. وبين الشد والجذب وبين المد والجزر، ظل رشدى راشد أمينا للفكر الوطنى المصرى الأصيل. وهو أحد النادرين من هذا الجيل الذين جمعوا جمعا حقيقيا وعميقا بين المعرفة بالتراث العربى والتراث العالمى على حد سواء. مع ذلك، هو ليس من التوفيقيين الذين يلفقون حزب الوسط الثقافي، بل هو من الذين يقيسون التراث وغيره بمدى قربه أو بعده عن الحاجات الأساسية للعلم. احتفظ من صباه إذن بالقيم الأخلاقية التى تربى عليها، وبمحبة التراث العربى والتراث العالمى كجزأين جوهريين من أجزاء هويته الوطنية والعالمية، ويحرض زملاءه على اكتشاف مختلف مكونات التراث الإنسانى والعربى قبل الحكم عليها، إذ هو عدو لدود للادعاء. قاده ذلك كله إلى الإيمان العميق بالعلم. وتحول إلى آفاق العلم الواسعة. وقد حل له هذا التحول مشكلات عديدة بشأن الهوية والانتماء، إذ تبلور الانتساب إلى العلم عنده من دون الانفصال عن الوطن والثقافة القومية واللغة العربية، أى أن الفكر العلمى هو الوعاء النظرى : تاريخ الجبر وفلسفته؛ نظرية الأعداد التقليدية؛ البصريات الهندسية والبصريات الفيزيائية؛ البنيات الهندسية والمحددات اللامتناهية؛ مشكلات تطبيق الرياضيات فى العلوم الاجتماعية من الجهتين : التاريخية والفلسفية.

أما الوحدة المعاصرة، فقد أدرك رشدى راشد أنها مستحيلة التحقيق بغير العلم. ولعل بعض المعاصرين من الأجيال الجديدة يعرفونه الآن معرفة أفضل. فقد أدى تواضعه الجم إلى نوع من الانطواء والتقوقع خارج الدائرة الضيقة جدا من الأصدقاء. وإذا كانت هزيمة ١٩٦٧ قد أصابت الجيل بزلزال عنيف، فقد اختلفت انعكاساتها من فئة إلى أخرى ومن فرد إلى آخر. أما رشدى راشد فقد شعر أنه شخصيا قد هزم. مع أنه لم يكن بحوزته سلطات أو صولجان. فهو مثقف يعيش الحلم ويكتفى بموقعه مجرد عامل بناء فى مشروع لم يكتمل. وببصيرة ثاقبة أدرك أن الزمن القادم هو زمن العلم وحده.

وشكل عمل رشدى راشد جزءا لا ينفصل من الحقبة المعاصرة من تاريخ الإنسانية، حيث وجه العالم بصره، أولا، إلى الرياضيات، والى تطبيق الرياضيات على العلوم الإنسانية والاجتماعية. ذلك أن الحضارة الحديثة تميل إلى تغليب التقنيات على المظاهر الإنسانية، وتعمل بذلك على إخضاع الكائن البشرى إلى ما ينبغى أن يظل مجرد وسائل تخدم تحرير هذه الغاية . لذلك، أعاد رشدى راشد التوازن فى هذه الحضارة بين الرياضيات والفلسفة، وهدم الرؤية الأنثروبولوجية، اللاهوتية، المدرسية، الحديثة، المتكررة، فى التأريخ للرياضيات العربية وفلسفتها. ذلك أن رشدى راشد يذكرنا بأن ذلك العهد الذى طال واعتبر الإنسان الغربي- الأوروبى فيه نفسه مركزا لاهوتيا للكون قد انقضى.

وهكذا أسهم رشدى راشد فى هدم علامة عُرفية *LEGISIGN* أو عرف *LAW* كان علامة راسخة فى تاريخ العلوم الحديث. وقد أنشأ المؤرخون ذلك العرف بوجه عام. وهى علامة تواضع عليها المؤرخون. فهى علامة عرفية. وليست العلامة العرفية موضوعا واحدا بل هى نمط عام قد تواضع المؤرخون على اعتباره دالا. وهى علامة عرفية تدل عبر حالات تطبيقها. ويمكن أن نسمى حالة التطبيق هذه بنسخة مطابقة *REPLICA* للعلامة. وفى كل هذه المرات يقابل الباحث الأداة نفسها ، والعلامة العرفية نفسها. وكل حالة من حالات ورودها نسخة مطابقة والنسخة المطابقة علامة عرفية. ومن العلامات العرفية عند الغربيين، التى أسهم رشدى راشد فى تفكيكها تفكيكا رياضيا-تقنيا وتاريخيا وفلسفيا، أن دراسة العلوم دراسة منظمة ، إنما يرجع الفضل فيها إلى أهل أوروبا وحدهم دون غيرهم.

يقول العُرف السائد إن القرون الوسطى كانت عصورا مظلمة. وقد ضرب على آذانهم زهاء ألف عام ، من وقت سقوط الدولة الرومانية الغربية ميلادية ثم بعثوا من مرقدهم ، فى أواخر القرن الخامس عشر الميلادي، فنشرت علوم الإغريق بعد موتها ، فكانت ما سمى باسم "النهضة"، وقامت مدنية أوروبا الحديثة على أساس مدنيتها القديمة. ولما كان الإغريق القدماء من أهل أوروبا ، فمدنيتهم مدنية أوربية ، تحمل الطابع الغربى ، وبذلك يكون الغرب قد وصل ماضيه بحاضرة مخترقا تاريخ العلوم فى اللغة العربية. من العلامات العرفية عند الغربيين، إذن، أن ما سمى باسم عصر النهضة فى أوروبا ، قد كشف عن منطق جديد، ومنهاج مستحدث من مناهج الفكر، هو المنطق الاستقرائى ، وهو المنهاج العلمى ، يرجع الفضل فى صياغته إلى فرانسيس بيكون ، الذى ألف كتابا فى اللغة اللاتينية سماه بالاسم اللاتينى *ORGANUM NOVUM* أو الأداة الجديدة أو العضو الجديد أو الوسيلة الجديدة. فنشأ نمط جديد من أنماط التفكير البشري، وهكذا قامت العلوم على أسس حديثة ، قوامها المشاهدة والتجريب ، وقوامها منطق جديد ، هو منطق العلم ، منطق التمحيص وامتحان المقدمات. ذلك بأنهم ميزوا بين منطقين، المنطق الاستقرائى الذى يسلك سبيل الحس والمشاهدة ، ويعنى بالحقيقة الخارجية أو الحقيقة الموضوعية ، وهذا هو منطق العلم . وأما المنطق الاستنتاجى وأساسه التسليم بالمقدمات ثم الوصول منها إلى نتائجها عن طريق القياس وهذا هو منطق الدين. وقالوا إن انحطاط العلوم فى القرون الوسطى ، إنما مرجعه إلى تسلط رجال الدين على التفكير البشرى فمنطق رجال الدين منطق قياسى ، أساسه التسليم بمعتقدات ثابتة.

ومن جهة أخرى، من العلامات العرفية الأخرى عند الغربيين أن رجال الكنيسة فى القرون الوسطى ، كانوا سببا من أسباب انحطاط العلوم وتأخرها فى أوروبا. إن الغربيين الذين ينسبون منشأ العلم ، وتاريخ العلم إلى أوربا واهمون. فالقرون الوسطى كانت عصورا مظلمة فى أوربا ، أما فى الشرق فقد ازدهرت مدنية فى اللغة العربية، ومن الثابت أن العلوم فى اللغة العربية قد انتقلت إلى أوربا. ففى منتصف القرن الثانى عشر

أمر ريمون كبير أساقفة بلد الوليد بترجمة الكتب العربية اللغة اللاتينية ، وألف لهذا الغرض لجنة برياسة القس دومينيقوس جونديسالفى فترجمت كتب ابن سينا والغزالى وغيرهم من العلماء والمفكرين ، وفى القرن الثالث عشر رتب الإمبراطور فردريك الثانى أرزاقا ثابتة على مترجمين متخصصين انقطعوا لعمل الترجمة ثم استخدمت هذه الكتب فى الجامعات الأوربية ، وقد استمرت عملية الترجمة من العربية خلال القرنين الثانى عشر والثالث عشر فترجم هرمان أو *ORGANUM* " أو الأداة الجديدة أو العضو الجديد أو الوسيلة الجديدة. فنشأ نمط جديد من أنماط التفكير البشري، وهكذا قامت العلوم على أسس حديثة ، قوامها المشاهدة والتجريب، وقوامها منطق جديد ، هو منطق العلم ، منطق التمحيص وامتحان المقدمات. ذلك بأنهم ميزوا بين منطقين، المنطق الاستقرائى الذى يسلك سبيل الحس والمشاهدة ، ويعنى بالحقيقة الخارجية أو الحقيقة الموضوعية ، وهذا هو منطق العلم . وأما المنطق الاستنتاجى وأساسه التسليم بالمقدمات ثم الوصول منها إلى نتائجها عن طريق القياس وهذا هو منطق الدين. وقالوا إن انحطاط العلوم فى القرون الوسطى ، إنما مرجعه إلى تسلط رجال الدين على التفكير البشرى فمنطق رجال الدين منطق قياسى ، أساسه التسليم بمعتقدات ثابتة.

ومن جهة أخرى، من العلامات العرفية الأخرى عند الغربيين أن رجال الكنيسة فى القرون الوسطى ، كانوا سببا من أسباب انحطاط العلوم وتأخرها فى أوروبا. إن الغربيين الذين ينسبون منشأ العلم ، وتاريخ العلم إلى أوربا واهمون. فالقرون الوسطى كانت عصورا مظلمة فى أوربا ، أما فى اللغة العربية فقد ازدهرت فيها مدنية علمية فى اللغة العربية، ومن الثابت أن العلوم فى اللغة العربية قد انتقلت إلى أوربا. ففى منتصف القرن الثانى عشر الميلادي، أمر ريمون، كبير أساقفة بلد الوليد بترجمة الكتب العربية إلى اللغة اللاتينية ، وألف لهذا الغرض لجنة برياسة القس دومينيقوس جونديسالفى فترجمت كتب ابن سينا والغزالى وغيرهم من العلماء والمفكرين ، وفى القرن الثالث عشر رتب الإمبراطور فردريك الثانى أرزاقا ثابتة على مترجمين متخصصين انقطعوا لعمل الترجمة ثم استخدمت هذه الكتب فى الجامعات الأوربية ، وقد استمرت عملية الترجمة من العربية خلال القرنين الثانى عشر والثالث عشر فترجم هرمان أو علمانوس كتب الفارابى كما ترجمت كتب الخوارزمى فى الجبر والحساب وكتب الرازى فى الطب وكتب جابر بن حيان فى الكيمياء وكذلك مؤلفات الفرغانى والبتّانى والصوفى فى علم الفلك.

واستفاد العلماء، فى اللغة العربية، من علم الهنود والفرس، فالأرقام التى نستخدمها اليوم فى الحساب ، تسمى عندنا الأرقام الهندية لأننا نقلناها عن الهنود ، وتسمى عند الغربيين الأرقام العربية لأنهم نقلوها عنا ، وكانوا قبل ذلك يستعملون الحروف الأبجدية ، على طريقة حساب الجمل ، ثم أن الإغريق الذين نقل العرب عنهم ، نقلوا هم عن المصريين القدماء. كما درسها البابليون والفينيقيون وطبقوها فى التقاويم وفى الملاحة البحرية. فالعلم إذن لا يقتصر على أهل أوربا وحدهم، وليس ذا طابع غربى أو شرقى ، بل هو مشاع بين

الأمم ، يطلب فى الهْند كما يطلب فى إنجلترا. ومنطق الاستقراء ، أو منطق العلم ، الذى شرحه فرانسيس بيكون ، وقرب مأخذه ، ليس منطقا جديدا على البشر ، وإن كان جديدا على أهل القرون الوسطى فى أوربا ، فهو منطق المشاهدة والبرهان الحسى ، منطق التفكير المنظم ، المبنى على الواقع، على الحقيقة الخارجية، هو المنطق نفسه الذى دفع العلماء ممن ألفوا فى اللغة العربية إلى المعرفة العلمية. إن العلم بهذا المعنى لا يخرج عن دائرة معينة ، وهذه الدائرة هى دائرة الحقائق الموضوعية ، دائرة الموجودات التى ترتبط بالحواس، إما ارتباطا مباشرا أو غير مباشر. فالعلماء جميعا لهم أن لا يقطعوا بقول وأن لا يرتبطوا برأى أو عقيدة ثابتة ، بل هم يمحصون كل رأيّ. ومحص رشدى راشد، إذن، تاريخ الرياضيات العربية فى ضوء العلوم على مستوى العالم كما جدد العلوم فى العالم فى ضوء العلوم العربية من دون عروبية ومن دون إسلامية كما من دون عولمة زائفة. هذه الجدلية النافذة هى جوهر تفرد إسهام رشدى راشد فى الفكر العلمى المصري، والعربي، والدولي، المعاصر.

وحين نظر رشدى راشد إلى تاريخ العلوم، كان أساس هذه النظرة عدة مشكلات حول ما سيكون عليه المستقبل المصري/العربي، بالذات، من دون العلم. لكنه استطاع أن يتأكد، تقريبا، أنه إذا كنا نريد للوطن أن يشبع حاجات الناس، فإذن لا بد للمجتمع أن يتغير. من هنا فليس من شك أن علم الغد يختلف اختلافا أساسيا عن ما نعرفه اليوم عن العالم، وهو يعيش غسق القرن العشرين والألفية الثانية.

ناصر رشدى راشد، مع أنه يبدو مستغرقا، ظاهريا، فى التجريد، قيم الديمقراطية والعدالة والعدل الاجتماعى والسلام كما التوافق مع بيئتنا الطبيعية –وكلها قيم الحداثة لا ما بعد الحداثة– بوصفها مدارات هذا الوطن المتغير والعالم المتقلب. تيقن من أن التصور طويل الأجل هو أساس طريقتنا المستقبلية الممكنة فى الحياة وإدارة أممنا وجماعاتنا والتداخل على مستوى العالم. فى ضوء هذا التطور نحو التغيرات الأساسية فى أساليبنا وسلوكياتنا، صار للعلم –فى معناها العريض– دور رائد لتحقيق التغيير. وهذه أطروحة رشدى راشد الجوهرية. فأحد التحديات الصعبة التى تواجهنا هى تعديل أنماط تفكيرنا بحيث نواجه التعقد المتعاظم وتسارع التغيرات غير المتوقعة مواجهة علمية. ويدعو رشدى راشد إلى إعادة التفكير فى طريقة تنظيم المعرفة. لذلك أزال الحواجز التقليدية بين العلوم وتصور كيف نصل ما كان حتى الآن منقطعا فى تاريخ العلوم. دعا إلى إعادة صياغة سياساتنا ومناهجنا العلمية فى مصر والعالم العربي. وفيما هو يدعو إلى إجراء هذه الإصلاحات فى السياسة العلمية، يدعو لأن نحافظ على المدى الطويل، على عالم الأجيال القادمة.

مع ذلك يستخلص رشدى راشد مجموع العناصر التى لا بد من معرفتها. الهدف هو الكلام على إجابات رشدى راشد على المشكلات الأساسية التى ظلت مجهولة تماما أو منسية وإن كانت ضرورية لعلم وتاريخ

وفلسفة القرن الجديد عندنا وعند غيرنا. هناك معارف أساسية أضافها رشدى راشد لتاريخ العلوم فى المستقبل فى أى مجتمع كما فى أى ثقافة من دون تمييز كما من دون رفض، وفقا لأنماط والقواعد الخاصة بتاريخ العلوم على مستوى العالم.

إن المعرفة الرياضية/التقنية التى ارتكز عليها عمل رشدى راشد لتحديد الوضع العالمى للعلوم العربية، والوضع العربى لعلوم العالم، إنما هى معرفة جزئية ونهائية فى آن. من هنا قادت إلى مشكلات عميقة حول عالم العلم وحياة العلم ونشأة تاريخ العلوم وتطوره. هنا انفتح ما لا يقبل التقرير، أى تدخل الخيارات الفلسفية، التى حاول رشدى راشد تحييدها من خلال حفريات وتقنيات وتدقيق وصبر.

إن المعارف الضرورية لمؤرخ العلوم الجديد هى أولا معرفة عماءات المعرفة التاريخية : الخطأ والوهم. إن الجدير بالذكر هو أن تاريخ العلوم الذى يبتغى نقل المعارف يغض البصر عن ماهية العلم الإنساني، أدواتها، عجزها، صعوباتها، اندفاعها إلى الخطأ والوهم، ولا تلتفت أبدا إلى معرفة العلم.

لا يمكن النظر إلى العلم بوصفه أداة مصنوعة سابقا، قد نستعملها من دون دراسة لطبيعتها. لا بد أن تظهر معرفة العلم كضرورة أولى قد تستخدم كإعداد لمواجهة أخطار الخطأ والوهم الدائمة والتى لا تكف عن شل الروح الإنساني. المقصود هو تسليح كل عقل فى المعركة الحيوية من أجل الوضوح. ومن الضرورى أن ندخل وننمى فى دراسة تاريخ العلوم الحذر من الخطأ أو وهم القطيعة فى تاريخ العلوم وفلسفتها.

مراجع الكتاب

بيبلوغرافيا

نتاج رشدى راشد فى الرياضيات فى الحضارة العربية بخاصة، وفى تاريخ العلوم بعامة

أ– المؤلفات

١- "المدخل إلى تاريخ العلوم" (تأليف مشترك)، ج١: العناصر والأدوات، باريس، دار هاشيت، ١٩٧١؛ ج٢ : الموضوع والمناهج. نماذج، باريس، دار هاشيت، ١٩٧٢ (فى اللغة الفرنسية).

٢- كتاب "الباهر فى الجبر" للسموءل (تحقيق مشترك مع أحمد سعيدان)، دمشق، مطبوعات جامعة دمشق، ١٩٧٢ .

٣- "كوندورسيه : الرياضيات والمجتمع"، سلسلة المعرفة، باريس، دار هرمان، ١٩٧٤، ٢١٨ صفحة. تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة الأسبانية عام ١٩٩٠ .

٤- فن الجبر عند ديوفنطس، القاهرة، دار الكتب، ١٩٧٥ .

٥- "الإنتاج الجبرى للخيام" (تحقيق مشترك مع أحمد جبار)، حلب، مطبوعات جامعة حلب، ١٩٨١، ٣٣٦ .

٦- بين الحساب والجبر. بحوث فى تاريخ الرياضيات العربية، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، دراسات وإعادات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤، ٣٢١ صفحة. نقل من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية وصدر عن مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت–لبنان، إبريل ١٩٨٩، ثم إلى اللغة الإنجليزية، كلوير، دراسات بوستن فى فلسفة العلوم، ١٩٩٤، ثم إلى اللغة اليابانية، مطبوعات جامعة طوكيو.

٧- ديوفنطس : علوم العدد، الكتاب ٤، المجلد ٣، سلسلة جامعات فرنسا، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤ . فى اللغة الفرنسية.

٨- ديوفنطس : علوم العدد، الكتب ٥،و ٦ و٧، المجلد ٤، سلسلة جامعات فرنسا، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤ . فى اللغة الفرنسية.

٩- جون اتار، محاولات فى تاريخ الرياضيات، جمعها وقدم لها رشدى راشد، باريس، بل ونشار، ١٩٨٤ . فى اللغة الفرنسية.

١٠- دراسات حول ابن سينا، إشراف ج. جوليفيه ورشدى راشد، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، دراسات وإعادات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٤ . فى اللغة الفرنسية.

١١- شرف الدين الطوسي، المؤلفات الرياضية، الجبر والهندسة فى القرن الثاني، المجلد١، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، نصوص ودراسات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٦ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية وصدرت عن مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت–لبنان، ١٩٩٨ . فى اللغة الفرنسية.

١٢- شرف الدين الطوسي، المؤلفات الرياضية، الجبر والهندسة فى القرن الثاني، المجلد٢، سلسلة العلوم والفلسفات العربية، نصوص ودراسات، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٨٦ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية فى بيروت عام ١٩٩٨ . فى اللغة الفرنسية.

١٣- العلوم فى عصر الثورة الفرنسية، بحوث تاريخية، أعمال فريق من الباحثين، تحرير رشدى راشد، باريس، بلونشار، ١٩٨٨ . فى اللغة الفرنسية.

١٤- الرياضيات والفلسفة من العصر القديم إلى القرن السابع عشر، دراسات مهداه إلى الفيلسوف الفرنسى المعاصر جول فيلمان، تحرير رشدى راشد، باريس، دار نشر المركز القومى الفرنسى للبحث العلمى بباريس، ١٩٩١ . فى اللغة الفرنسية.

١٥- علم الضوء والرياضيات، بحوث فى تاريخ الفكر العلمى فى اللغة العربية، إعادة طبع منوع، آلدرشوت، ١٩٩٢ . فى اللغة الفرنسية والإنجليزية.

١٦- الهندسة وعلم الضوء فى القرن العاشر، ابن سهل والقوهى وابن الهيثم، باريس، الآداب الرفيعة، ١٩٩٣، ٧٠٥ صفحة. تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة العربية بمعرفة د. شكر الله الشالوحي، ومراجعة د. عبد الكريم العلاف، وصدرت عن مركز دراسات الوحدة العربية، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب، ٣، بيروت-لبنان ، أغسطس ١٩٩٦ .

١٧- الرياضيات التحليلية بين القرن التاسع والقرن الحادى عشر، المجلد٢، ابن الهيثم، لندن، مؤسسة الفرقان البريطانية للتراث الإسلامي، ١٩٩٣ . فى اللغة الفرنسية.

١٨- الرياضيات التحليلية من القرن التاسع إلى القرن الحادى عشر، المجلد١، المؤسسون والشراح، بنوموسى وثابت بن قرة وابن سنان وابن الخازن والقوهى والسجزى وأبو الجود، لندن، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، ١٩٩٦ . فى اللغة الفرنسية.

١٩- الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي، المجلد ١، البصريات وعلم الضوء للكندي، ليدن، ا.ج. إبريل، ١٩٩٦ (فى اللغة الفرنسية).

٢٠- ديكارت والعصر الوسيط، تحرير جوال بيار ورشدى راشد، باريس، جون فران، ١٩٩٧ . فى اللغة الفرنسية.

٢١- موسوعة تاريخ العلم العربى (رئيس التحرير رشدى راشد)، لندن ونيويورك، روتلج، ١٩٩٦، ثلاثة أجزاء، (فى اللغة الإنجليزية) :

١- ت ج ١ : علم الفلك النظرى والعملي.

٢- ت ج ٢ : الرياضيات وعلوم الفيزياء.

٣- ت ج ٣ : التكنولوجيا والسيمياء وعلوم الحياة.

ب- المؤلفات المترجمة

١- الترجمة الفرنسية : تاريخ العلوم العربية، ثلاثة أجزاء، باريس، دار لوسوى للنشر، ١٩٩٧ .

٢- الترجمة العربية : موسوعة تاريخ العلوم العربية، ثلاثة أجزاء، بيروت، دار مركز دراسات الوحدة العربية للنشر، ١٩٩٧ .

٣- الترجمة الفارسية : موسوعة تاريخ العلوم العربية، ثلاثة أجزاء، طهران.

٤- الترجمة البولندية : موسوعة تاريخ العلوم العربية، ثلاثة أجزاء، بولندا.

٥- الأعمال الفلسفية والعلمية للكندي، المجلد الثاني، الميتافيزيقا وعلم الكون، مع ج. جوليفيه، ليدن، أ. ج. بريل، ١٩٩٨، فى اللغة الفرنسية.

٦- "بيار فرما، نظرية الأعداد"، نصوص ترجمها بول تانرى وقدم لها وشرح عليها رشدى راشد وش. هزيل وج. كريستول، باريس، بلونشار، ١٩٩٩ . فى اللغة الفرنسية.

٧- نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر، رشدى راشد وجوال بيار (تحرير)، لوفان، دار بترس، ١٩٩٩ (فى اللغة الفرنسية).

٨- الخيام رياضيا، بالاشتراك مع ب. فها بزاده، باريس، مكتبة بلونشار، ١٩٩٩ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة الإنجليزية تحت العنوان نفسه : الخيام رياضيا، نيويورك، ٢٠٠٠، من دون إعادة طبع المخطوطات العربية المطبوعة فى النسخة الفرنسية الأصلية.

٩- علماء الضوء اليونان، ج١، المرايا المحرقة، نشر وترجمة ودراسة، سلسلة جامعات فرنسا، إشراف جمعية جييوم بوديه، باريس، دار الآداب الرفيعة للنشر، ٢٠٠٠ . فى اللغة الفرنسية.

١٠- إبراهيم ابن سنان، المنطق والهندسة فى القرن العاشر، بالاشتراك مع هيلين بلوستا، ليدن، أ.ج.بريل، ٢٠٠٠ . فى اللغة الفرنسية.

١١- الرياضيات التحليلية بين القرن التاسع والقرن الحادى عشر، المجلد الثالث : ابن الهيثم، القطوع المخروطية، العمليات الهندسية، والهندسة العملية، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، ٢٠٠٠ . فى اللغة الفرنسية.

١٢- الرياضيات التحليلية بين القرن التاسع والقرن الحادى عشر، المجلد الرابع، ابن الهيثم، التحويلات والمناهج الهندسية وفلسفة الرياضيات، مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، ٢٠٠٢ . فى اللغة الفرنسية.

١٣- ديوفنطس الاسكندراني، "صناعة الجبر"، ترجمة قُسطا بن لوقا، تحقيق وتقديم رشدى راشد، التراث العلمي؛ ١ ، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٥ .

١٤- السموأل ، "الباهر فى الجبر"، تعليقات وتقديم ونشر صلاح أحمد ورشدى راشد، سلسلة الكتب العلمية؛ ١٠، دمشق، جامعة دمشق، ١٩٧٣ .

ج- الدراسات والمقالات

١- بحث "فى الضوء عند ابن الهيثم،" مجلة تاريخ العلوم، ٢١، ١٩٦٨، ص ١٩٧-٢٢٤ (فى اللغة الفرنسية).

٢- "البصريات الهندسية والنظرية البصرية عند ابن الهيثم"، مجلة أرشيف تاريخ العلوم الدقيقة، ٦،٤، ١٩٧٠، ص ٢٧١-٢٩٨ (فى اللغة الإنجليزية).

٣- "نموذج الكرة الشفافة وتفسير قوس قزح : ابن الهيثم والفارسي"، مجلة تاريخ العلوم، ٢٣، ١٩٧٠، ص ١٠٩ -١٤٠ (فى اللغة الفرنسية).

٤- "تطبيق رياضيات الاحتمال فى العلم الاجتماعي"، أعمال المؤتمر الثانى عشر لتاريخ العلوم، ج٩، باريس، بلونشار، ١٩٧١، ص ٥٥-٥٩ . فى اللغة الفرنسية.

٥- "تعبيرات الإسلام-العلوم فى العالم الإسلامى"، (تحرير رشدى راشد مع الأب الراحل الأستاذ الدكتور جورج شحاته قنواتى وأ. و)، الموسوعة الفرنسية، باريس، ١٩٧١؛ ١٩٨٤، ص ٢٤٥ -٢٥٥ . فى اللغة الفرنسية.

٦- "ترييض العقائد غير الشكلية فى العلم الاجتماعي"، "ترييض العقائد غير الشكلية"، تحرير جورج كونجيلام، باريس، هرمان، ١٩٧٢، ص ٧٣-١٠٥ . فى اللغة الفرنسية.

٧- "الأيديولوجيا والرياضيات : مثال الانتخاب فى القرن الثامن عشر"، وحدة إصدارات كلية الفنون والعلوم، مونتريال، ١٩٧٢ (فى اللغة الفرنسية)

٨- "الاستقراء الرياضى : الكَرَجى والسموأل"، مجلة أرشيف تاريخ العلوم الدقيقة، ٩، ١٩٧٢، ص ١-٢١ (فى اللغة الفرنسية)

٩- "الحداثة والتراث"، مجلة الكاتب، ١٩٧٢، ص ٣٥-٤٧ .

١٠- الفارسي، قاموس السير العلمية، ج٧، نيويورك : سكبنر، ص ٢١٢-٢١٩ . فى اللغة الفرنسية.

١١- "الجبر وعلم اللغة : التحليل التوافيقى فى العلم العربي"، ر. كوهين (تحرير)، دراسات بوسطون فى فلسفة العلوم، رايدل: بوسطون، ١٩٧٣، ص ٣٨٣-٣٩٩ . فى اللغة الفرنسية.

١٢- "الكَرَجي"، قاموس السير العلمية، الجزء السابع، نيويورك : سكربنر، ١٩٧٣، ص ٢٤٠-٢٤٦ (فى اللغة الفرنسية)

١٣- "إبراهيم ابن سنان"، قاموس السير العلمية، الجزء السابع، نيويورك : سكربنر، ١٩٧٣، ص ٢-٣ (فى اللغة الفرنسية)

١٥- "حَسْبَنة الجبر فى القرن الثانى عشر"، أعمال المؤتمر الثالث عشر لتاريخ العلوم، موسكو، ١٩٧٤، ٣-٣٠ (فى اللغة الفرنسية)

١٦- "حل المعادلات العددية والجبر، شرف الدين الطوسي، فييت"، مجلة أرشيف تاريخ العلوم الدقيقة، ١٢،٣، ١٩٧٤، ص ٢٤٤-٢٩٠ (فى اللغة الإنجليزية)

١٧- الأعمال المفقودة لديوفنطس، ١، مجلة تاريخ العلوم، ٢٧؛٢، ١٩٧٤، ص ٩٧-١٢٢ (فى اللغة الفرنسية)

١٨- الأعمال المفقودة لديوفنطس، ١، مجلة تاريخ العلوم، ٢٨؛٢، ١٩٧٥، ص ٣-٣٠ (فى اللغة الفرنسية)

١٩- العودة إلى بداية الجبر فى القرنين الحادى عشر والثانى عشر، ج.موردوخ وأ.د. سيلا (تحرير)، السياق الثقافى للدرس الوسيط، دوردرشت : رايدل، ١٩٧٥، ص ٣٣-٦٠ (فى اللغة الإنجليزية)

٢٠- "كوندورسيه"، الموسوعة العلمية والتكنولوجية (آرنولدوموندادوري، ١٩٧٥ . فى الأصل فى اللغة الإيطالية ثم تمت الترجمة الفرنسية فى كتاب "من الثورة إلى الثورة"، قطاع خاص، ١٦، ١٩٨٦، ص ٣٤-٣٦

٢١- "البيروني، عالما فى الجبر"، المجلد التذكارى للمؤتمر الدولى عن البيرونى فى طهران، طهران، ١٩٧٦، ص ٦٣-٧٤ .

٢٢- "الكسور العشرية، السموأل والكاشي"، أعمال المؤتمر الأول لتاريخ العلوم العربية، حلب، ١٩٧٦، ص ١٦٩-١٨٦ .

٢٣- "تصور اللامتناهى فى عصر الرازي"، أعمال مؤتمر الرازي، القاهرة، ١٩٧٧ .

٢٤- "الضوء والرؤية : تطبيق الرياضيات فى مناظر ابن الهيثم"، رومير وسرعة الضوء"، الناشر ر. تاتون، باريس، فران، ١٩٧٨، ص ١٩-٤٤ . فى اللغة الفرنسية.

٢٥- حول نشر نص ديوقليس حول المرايا المقعرة، مجلة الأرشيف الدولى لتاريخ العلوم، ٢٨، ١٩٧٨، ص ٣٢٩-٣٣٤ . فى اللغة الفرنسية.

٢٦- استخراج الجذر النونى وابتكار الكسور العشرية، أرشيف تاريخ العلوم الدقيقة، ١٨؛٣، ١٩٧٨، ص ١٩٢-٢٤٣ . فى اللغة الفرنسية.

٢٧- مسألة شرف الدين الطوسى الحسابية-الهندسية، مجلة تاريخ العلوم العربية، ٢، ٢، ١٩٧٨، ص ٢٣٣-٢٥٤ . فى اللغة الفرنسية.

٢٨- تصور العلم الغربي، الآثار الإنسانية للتقدم العلمي، الناشر أ.ج. فورب، ادنبورج، ١٩٧٨، ص ٤٥-٥٤ . وقد كتبه رشدى راشد فى الأصل فى اللغة الفرنسية ثم تمت الترجمة الإنجليزية تحت عنوان العلم بوصفه ظاهرة غربية، العلوم الأساسية، ١، ١٩٨٠، ص ٧-٢١ . ثم تمت الترجمة العربية فى مجلة المستقبل العربي، ٤٧، ١٩٨٣، ص ٤-١٩ .

٢٩- "التحليل الديوفنطى فى القرن العاشر، مثال الخازن"، مجلة تاريخ العلوم، ٣٢، ١٩٧٩، ص ١٩٣-٢٢٢ . فى اللغة الفرنسية.

٣٠- عمل المسبع المنتظم عند ابن الهيثم، مجلة تاريخ العلم العربي، ٣، ١٩٧٩، ص ٣٠٩-٣٨٧ . فى اللغة الفرنسية.

٣١- "الكندي"، تأليف مشترك، الموسوعة الإسلامية، ليدن، ١٩٧٩، ص ١٢٣-١٢٦ . فى اللغة الفرنسية.

٣٢- "ابن الهيثم ونظرية ولسون"، مجلة أرشيف تاريخ العلوم الدقيقة، ٢٢؛٤، ١٩٨٠، ص ٣٠٥-٣٢١ . فى اللغة الفرنسية.

٣٣- "الكندي"، تأليف مشترك، قاموس السير العلمية، ج١٥، نيويورك، سكريبنر، ١٩٨٠، ص ٢٦٠-٢٦٧ . فى اللغة الفرنسية.

٣٤- "تعليقات حول تاريخ التحليل الديوفنطسي"، مؤتمر الجبر والهندسة، الكويت، ١٩٨١، ص ١٠٢-١٠٣

٣٥- "تعليقات حول تاريخ نظرية الأعداد فى الرياضيات العربية"، أعمال المؤتمر الدولى السادس عشر للعلم، لقاءات حول مدارات متخصصة، بوخارست، ١٩٨١ . فى اللغة الفرنسية.

٣٦- "الإسلام وتطور العلوم الدقيقة"، "الإسلام والفلسفة والعلم"، تأليف مشترك، باريس، منظمة اليونسكو، ١٩٨١ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى الإنجليزية والأسبانية والعربية.

٣٧- أدوات لتاريخ الأعداد المتحابة والتحليل التوافيقي، مجلة تاريخ العلم العربي، ٦، ١٩٨٢، ص ٢٠٩-٢٧٨ . فى اللغة الفرنسية.

٣٨- ابن الهيثم وقياس المجسم المكافئ، مجلة تاريخ العلم العربي، ٥، ١٩٨٢، ص ١٩١-٢٦٢ . فى اللغة الفرنسية.

٣٩- "فكرة الجبر عند الخوارزمي"، مجلة العلوم الأساسية، ٤، ١٩٨٣، ص ٨٧-١٠٠ . تمت الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة الروسية فى "الخوارزمي، ١٢٠٠"، موسكو، ١٩٨٣، ص ٨٥-١٠٨؛ ثم إلى العربية فى مجلة المستقبل العربي، ١٩٨٤؛ ثمت الترجمة إلى اللغة الإنجليزية فى كتاب : ج. ن. عطية (تحرير) ، الحضارة العربية، التحديات والاستجابات، أ.م.أوفايث، مطبوعات جامعة نيويورك الرسمية، ١٩٨٨، ص ٩٨-١١١ .

٤٠- الأعداد المتحابة والقواسم التامة والأعداد الهندسية فى القرن الثالث عشر والقرن الرابع عشر، مجلة "أرشيف تاريخ العلوم الدقيقة"، ٢٨، ١٩٨٣، ص ١٠٧-١٤٧ . فى اللغة الفرنسية.

٤١- "الممارسات الثقافية ونشأة المعارف العلمية"، مجلة المستقبل العربي، ٦٨، ١٩٨٤، ص ٢٤-٢٩ . تمت الترجمة الى اللغة الإنجليزية فى لقاء اليونسكو للمتخصصين فى الدراسات الفلسفية المقارنة حول التغيرات فى العلاقة بين العلم والمجتمع، نيودلهي، ١٩٨٦، ص ٢٣-٣١

١- ٤١-"ديوفنطس الاسكندراني"، الموسوعة الفرنسية، ١٩٨٥، ص ٢٣٥-٢٣٨ . فى اللغة الفرنسية.

٤٢- تاريخ العلوم والتحديث العلمى فى البلاد العربية، مشكلات التنمية العلمية فى البلاد العربية، بيروت، المستقبل العربي، ١٩٨٥، ص ١٤٧-١٦٤

٤٣- السجزى وابن ميمون، شرح رياضى وفلسفى على القضية رقم ٢-١٤ من كتاب المخروطات، لأبولونيوس، الأرشيف الدولى لتاريخ العلوم، الرقم ١١٩، ج٣٧، ١٩٨٧، ص ٢٦٣-٢٩٦ . الترجمة الإنجليزية : القابلية للتصور والتخيل والبرهان فى القياس البرهاني، السجزى وابن ميمون فى القضية رقم ٢-١٤ لأبولونيوس، أقسام المخروطات، العلوم الأساسية، المجلد الثامن، رقم ٣ / ٤، ١٩٨٧، ص ٢٤١-٢٥٦ . والبحث نفسه فى ميمون والعلوم، لناشريه ر. س. كوهين و ه. ليفين، الناشر الأكاديمي-كوير، ٢٠٠٠ ، ص ١٥٩-١٧٢ .

٤٤- تقسيم تاريخ الرياضيات الكلاسيكية، مجلة *Synthèse* ، الفصل الرابع، رقم ٣-٤، ١٩٨٧، ص ٣٤٩-٣٦٠ . فى اللغة الفرنسية.

٤٥- لاجرونج، مؤرخا لديوفنطس، حول الثورة الفرنسية، بحوث تاريخية، العلوم فى عصر الثورة الفرنسية، بحوث تاريخية، أعمال فريق البحث المتخصص *REHSEIS*، وقد نشره رشدى راشد بالتنسيق مع المركز الوطنى الفرنسى للآداب، باريس، دار نشر بلونشار، ١٩٨٨، ص ٣٩-٨٧ . فى اللغة الفرنسية.

٤٦- ابن الهيثم والأعداد التامة، تاريخ الرياضيات، ١٦، ١٩٨٩، ص ٣٤٣-٣٥٢ . فى اللغة الفرنسية.

٤٧- مشكلات نقل الفكر العلمى اليونانى إلى الفكر العلمى العربى : أمثلة من الرياضيات وعلم الضوء، تاريخ العلم، ٢٧، ١٩٨٩، ص ١٩٩-٢٠٩ . فى اللغة الفرنسية.

٤٨- نقول وبدايات جديدة، مثال علم الضوء، فضاءات ومجتمعات العالم العربي، المكتبة الفرنسية، الرقم ١٢٣، ١٩٨٩، ص ٢٢-٢٦ . فى اللغة الفرنسية.

٤٩- ابن سهل، حول المرايا المحرقة والعدسات، إيزيس، ١٩٩٠، ٨١، ص ٤٦٤-٤٩١ . فى اللغة الفرنسية.

٥٠- السموأل، البيرونى وبراهماجوبتا، مناهج الاستكمال، مجلة العلوم العربية والفلسفة، المجلة التاريخية، ١، ١٩٩١، ص ١٠٠-١٦٠ . فى اللغة الفرنسية.

٥١- التحليل والتركيب عند ابن الهيثم، الرياضيات والفلسفة من العصر القديم إلى القرن السابع عشر، دراسات مهداة لجول فـيلمان، نشرها رشدى راشد، باريس دار نشر المركز القومى الفرنسى للبحث العلمى بباريس، ١٩٩١، ص ١٣١-١٦٢ . الترجمة الإنجليزية : س.س. جولد ور.س. كوهين (ناشران)، التمثيليات والممارسة الاجتماعية، دار كلوير الأكاديمية، ١٩٩٤، ص ١٢١-١٤٠ .

٥٢- العلم الكلاسيكى والعلم الحديث فى عصر انتشار العلم الأوروبي، ب.بوتيجان وس. يامى وأ.م.مولان (الناشرون)، العلم والإمبراطوريات، دراسات بوسطون فى فلسفة العلم، دار كلوير الأكاديمية، ١٩٩٢، ص ١٩-٣٠ . الترجمة البرتغالية : أ. جاريبالدى (تحرير)، المباديء، رقم ٢٧، ساوباولو، ص ٣٩-٤٧ .

٥٣- "الفلسفة الرياضية لابن الهيثم"، المجلد الأول، التحليل والتركيب، مجلة منوعات المعهد الدومينيكى للدراسات الشرقية بالقاهرة، العدد ٢٠، ١٩٩١، ص ٣١-٢٣١ . فى اللغة الفرنسية.

٥٤- آرشميدس والرياضيات العربية، آرشميدس، أسطورة العلم الكلاسيكي، إشراف كورادودوللو، فيرينسيه، ١٩٩٢، ص ٤٣-٦١ . فى اللغة الفرنسية.

٥٥- الرياضيات الكلاسيكية فى البلاد الإسلامية فى القرن التاسع عشر : مثال إيران، أ. اهسانوجلو، ناشرا، نقل العلم الحديث والتكنولوجيا إلى العالم الإسلامي، اسطنبول، ١٩٩٢، ص ٣٩٣-٤٠٤ . فى اللغة الفرنسية.

٥٦- "الكندي، "حول الوهم القمري"، جوليه ومادك وأوبريان (تحرير)، الباحثون عن الحكمة، فى ذكرى جون بيان، سلسلة الدراسات الأغسطينية، سلسلة العصر القديم، ١٣١، باريس، معهد الدراسات الأغسطينية، ١٩٩٢، ص ٥٣٣-٥٥٩ . فى اللغة الفرنسية.

٥٧- المترجمون، بالرمو ١٠٧٠-١٤٩٢ تعدد الشعوب، الأمة المتمردة، النهضة العنيفة للهوية، الصقلية، بنحو آخر، ١٩٩٣، ص ١١٠-١١٩ . فى اللغة الفرنسية.

٥٨- من قسطنطينية إلى بغداد، أنتيمس الترالى والكندي، أعمال مؤتمر من بيزنطة إلى الإسلام، ليون، ١٩٩٠، دمشق، ١٩٩٢، ص ١٦٥-١٧٠ .

٥٩- شرح الكندى على آرشميدس، قياس الدائرة، العلوم العربية والفلسفة، ج٣، ١٩٩٣، ص ٧-٥٣ . فى اللغة الفرنسية.

٦٠- الفلسفة الرياضية عند ابن الهيثم، المجلد الثاني، مجلة منوعات المعهد الدومينيكى للدراسات الشرقية، القاهرة، العدد ٢١، ١٩٩٣، ص ٨٧-٢٧٥ . فى اللغة الفرنسية.

١- ٦١-الاحتمال الشرطى والعلية، مسألة فى تطبيق الرياضيات، ج. بروست وأ. شفارتز (تحرير)، المعرفة الفلسفية، محاولات حول عمل جيل جاستون جرونجيه، باريس، دار المطبوعات الجامعية الفرنسية، ١٩٩٤، ص ٢٧١-٢٩٣ . فى اللغة الفرنسية.

٦١- الرياضيات الهندية فى اللغة العربية، ش. ساساكي، ج. ف. داوبن، م.سوجبيرا (تحرير)، التقاطعات بين التاريخ والرياضيات، بازل، بوسطون، برلين، دار بركهويسر، ١٩٩٤، ص ١٤٣-١٤٨ فى اللغة الفرنسية.

٦٢- تعليقات حول الصيغة العربية للكتب الثلاثة الأولى من علوم العدد لديوفنطس وحول المسألة، ٣٩؛١، تاريخ العلم، ٤-١، ١٩٩٤، ص ٣٩-٤٦ . فى اللغة الفرنسية.

٦٣- فيبوناتشى والرياضيات العربية، مكرولوجوس، ٢، ١٩٩٤، ص ١٤٥-١٦٠ . الترجمة من اللغة الفرنسية إلى اللغة الإيطالية : فدريكووالعلم، بلرمو، ١٩٩٤، ص ٣٢٤-٣٣٧ .

٦٤- البحث فى الرياضيات العربية، دائرة المعارف الإسلامية، بريل، ١٩٩٤، ص ٥٦٧-٥٨٠ . الترجمة الإنجليزية : الموسوعة الإسلامية، بريل، ١٩٩٤ . فى اللغة الفرنسية.

٦٥- اليزدي، تاريخ العلم، ج ٤-٣، ١٩٩٤، ص ٧٩-١٠١ . فى اللغة الفرنسية.

٦٦- ابن سهل وابن القوهي، مبحث انكسار النور ومناهج الإسقاط فى القرن العاشر، س.جارنا ود. فلامان وف. نافارو(تحرير)، *contra los titanos de la rutina*،مدريد، *1994 csic*، ص ٩-١٨

٦٧- بحوث منشورة فى اللغة التركية، الموسوعة الإسلامية، اسطنبول، ١٩٩٤، الرياضيات، ثابت بن قرة، إبراهيم بن سنان.

٦٨- البحث العلمى والتحديث فى مصر، مثال على مصطفى مشرفة (١٨٩٨-١٩٥٠)، دراسة نموذج مثالي، بين الإصلاح الاجتماعى والحركة الوطنية، الهوية والتحديث فى مصر (١٨٨٢-١٩٦٢)، إشراف أ.روسيون، *cedej*، القاهرة، ١٩٩٥ . الترجمة العربية : ص ٢١٩-٢٣٢ .

٦٩- المخروطات والمرايا المحرقة، مثال على تطبيق الرياضيات القديمة والكلاسيكية، ك. جفروجلو وآخرون، الفيزياء والفلسفة والجماعة العلمية، ١٩٩٥، دار كلوير الأكاديمية، ص ٣٥٧-٣٧٦ . فى اللغة الفرنسية.

٧٠- الحداثة الكلاسيكية والعلم العربي، س. جولدشتاين وج. ريتر (تحرير)، الرياضيات فى أوروبا، *MSH 1996*، ص ٦٨-٨١ . الترجمة البرتغالية: أ. م. ألفونسو-جولدفارد وس.أ.مايا (تحرير)، تاريخ العلم : *o mapa do conbecimento*، ساوباولو، ١٩٩٦، ص ٢٧-٣٩

٧١- بداية الرياضيات الأرشميديسية فى اللغة العربية، بنوموسي، آفاق وسيطية عربية ولاتينية حول التراث العلمى والفلسفى اليوناني، أعمال مؤتمر *SIHSPAI*، باريس، لوفان، ١٩٩٦، ص ١-١٩ . الترجمة اليونانية منشورة فى مجلة *NEUSIS 1995*، ص ١٣٣-١٥٤ . الترجمة الإنجليزية، الدرس الآرخميدى فى العصور الوسطي، بنوموسي، تاريخ العلم، ٦-١، ١٩٩٦، ص ١-١٦

٧٢- بحث عن ابن قرة، معجم العصور الوسطي، ميونخ، ألمانيا، ١٩٩٦ . فى اللغة الفرنسية.

٧٣- بحوث منشورة فى موسوعة تاريخ العلم العربى (تحرير)، لندن، مارس ١٩٩٦، روتليج، ثلاثة أجزاء :

- الجبر، ص ٣٤٩-٣٧٥؛
- التحليل التوافيقي، التحليل العددي، التحليل الديوفنطسي، النظرية العددية، ص ٣٧٦-٤١٧؛
- المحددات اللامتناهية، ص ٤١٨-٤٤٦؛
- علم الضوء الهندسي، ص ٦٤٣-٦٧١؛

٧٤- بحوث عن ابن سهل وابن سنان وابن الهيثم والعلم بوصفه ظاهرة غربية (تنقيح، وترجمة جديدة)، منشورة فى هيلين سليم (تحرير)، موسوعة تاريخ العلم والتكنولوجيا والطب فى الثقافات غير الأوروبية، دوردرشت، دار كلوير الأكاديمية، ١٩٩٧

٧٥- شرح الكندى على مناظر أقليدس، رسالة مجهولة، العلوم العربية والفلسفة، ٧؛١، ١٩٩٧، ص ٩-٥٧ . فى اللغة الفرنسية.

٧٦- "هندسة ديكارت والفرق بين المنحنيات الهندسية والمنحنيات الآلية"، جوال بيار ورشدى راشد (تحرير)، ديكارت والعصر الوسيط، دراسات الفلسفة الوسيطة ، باريس، فران، ١٩٩٧، ص ١-٢٢ . فى اللغة الفرنسية.

٧٧- المخروطات والمرايا المحرقة، مثال على تطبيق الرياضيات القديمة والكلاسيكية، اللغات والفلسفة، فى ذكرى جون جوليفيه، دراسات فى الفلسفة الوسيطة ، باريس، فران، ١٩٩٧، ص ١٥-٣٠ . فى اللغة الفرنسية.

٧٨- ديوقليس وترومس، رسالتان حول المرايا المحرقة، مجلة المعهد الدومينيكى للدراسات الشرقية فى القاهرة، العدد ٢٣، دار نشر بيترس، لوفان، باريس، ١٩٩٧، ص ١-١٥٥ . فى اللغة الفرنسية.

٧٩- تاريخ العلوم بين نظرية العلم والتاريخ، مجلة تاريخ العلم، ٧٠١، ١٩٩٧، ص ١-١٠؛ الترجمة اليابانية من الأصل فى اللغة الفرنسية ، مجلة الجمعية اليابانية لتاريخ العلوم، ج٤١، رقم ٧، يوليو ١٩٩٩، ص ٢٥-٣٧

٨٠- من هندسة البصر الى رياضيات الظواهر المضيئة، نص فى اللغة الفارسية، تاريخ العلوم فى دار الإسلام، ج٤، رقم ٣-٤، ١٩٩٦، ٧، ص ٢٥-٣٤ .

٨١- الرياضيات والعلوم الأخري، قاموس الإسلام والدين والحضارة، الموسوعة الفرنسية، باريس، ١٩٩٧، ص ٥٣٧-٥٦١ . فى اللغة الفرنسية.

٨٢- بحوث منشورة فى اللغة اليابانية، المجلة اليابانية لتاريخ العلم، الرياضيات العربية، العلم العربي، طوكيو، ١٩٩٨ .

٨٣- حول تاريخ العلوم العربية، مجلة المستقبل العربي، العدد ٢٣١، مايو ١٩٩٨، ص ١٩-٢٩ .

٨٤- العلوم العربية بين نظرية المعرفة والتاريخ، نشرة الدراسات الشرقية، ج*1998 L*، دمشق، سوريا، ص ٢٢٣-٢٣٢

٨٥- القوهى ضد آرسطو، حول الحركة، مجلة العلوم العربية والفلسفية (فى اللغة الإنجليزية)، ٩؛١، ١٩٩٩، ص ٧-٢٤؛ الترجمة الفرنسية فى الشرق والغرب، العلوم والرياضيات والفلسفة من العصر القديم الى القرن السابع عشر، ٢، ١٩٩٨، ص ٩٥-١١٧ . فى اللغة الفرنسية.

٨٦- نشأة اللغة العربية العلمية وتطورها، الموسم الثقافى السادس عشر، عمان، ١٩٩٨، ص ١٢١-١٣٨

٨٧- التوافيقية والميتافيزيقا، ابن سينا والطوسى والحلبي، نظريات العلم من العصر القديم الى القرن السابع عشر، رشدى راشد وجوال بيبار (تحرير)، لوفان، دار بيترس للنشر، ١٩٩٩، ص ٦١-٨٦ . الترجمة الألمانية فى روديجر ثيله (تحرير)، الرياضيات، فى الذكرى السبعين لميلاد ماتياس شرام، برلين، ديبهولس، ٢٠٠٠، ص ٣٧-٥٤

٨٨- حول عمل القطع المكافيء للمرايا عند أبى الوفا البوزجانى (مع أتونويجباور)، العلوم العربية والفلسفة، ٩؛٢، ١٩٩٩، ص ٢٦١-٢٧٧ . فى اللغة الفرنسية.

٨٩- ابن الهيثم، رياضيا من العصر الفاطمي، مصر الفاطمية، فنها وتاريخها، أعمال مؤتمر باريس، الأيام ٢٨ و٢٩ و٣٠ مايو١٩٩٨، إشراف ماريان باروكون، باريس، مطبوعات جامعة باريس-السوربون، ١٩٩٩، ص ٥٢٧-٥٣٦ . فى اللغة الفرنسية.

٩٠- التراث الفكرى وتراث النص، مخطوطات العلم العربي، تحقيق مخطوطات العلوم فى التراث الإسلامي، أعمال المؤتمر الرابع لمؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، ٢٩-٣٠ نوفمبر ١٩٩٨، لندن، ١٩٩٨، ص ٢٩-٧٦؛ النسخة الإنجليزية : التراث الفكرى ونصوص التراث، المخطوطات العربية فى العلم، ي.ابش (تحرير)، نشر المخطوطات الإسلامية فى العلم، أعمال المؤتمر الرابع لمؤسسة الفرقان للتراث الإسلامي، لندن، ٢٩-٣٠ نوفمبر ١٩٩٧، لندن، الفرقان، ١٩٩٩، ص ١٥-٥١ .

٩١- بيار فرما والبدايات الحديثة للتحليل الديوفنطسي، تاريخ العلم، ج٩-١، ١٩٩٩، ص ٣-١٦ . فى اللغة الفرنسية.

٩٢- من هندسة البصر الى رياضيات الظواهر المضيئة، فى كتاب : ج. فسكوفيني، الفلسفة بين العلم الكلاسيكى العربي- اللاتينى الوسيط والعصر الحديث، الاتحاد الدولى لمعاهد الدراسات الوسيطة ، نصوص ودراسات العصر الوسيط، ١١، لوفان-لا-نوف، ١٩٩٩، ص ٤٣-٥٩ . فى اللغة الفرنسية.

٩٣- التحليل الديوفنطي، التحليل والتركيب، تساوى المحيط، قاموس تاريخ العلوم وفلسفتها، تحرير د.دلكور، باريس، دار المطبوعات الجامعية الفرنسية، على التوالى ص٤٥-٤٧؛ ص ٤٧-٤٩؛ ص٥٥٠-٥٥٢ . فى اللغة الفرنسية.

٩٤- الكشف عن الحداثة الكلاسيكية العلمية، المجلة اللاتينية-الأمريكية لتاريخ العلم والتكنولوجيا، ج١٢، رقم٢، مايو- أغسطس ١٩٩٩، ص ١٣٥-١٤٧ . فى اللغة الفرنسية.

٩٥- ابن سهل وابن القوهي، الإسقاط، إضافات وتعديلات، العلوم العربية والفلسفة، ج١-١٠، ٢٠٠٠، ص ٧٩-١٠٠ . فى اللغة الفرنسية.

٩٦- ثابت بن قرة، الموسوعة الإسلامية، ص ٤٥٩-٤٦٠ . فى اللغة الفرنسية.

٩٧- علم الفلك والرياضيات القديمة والكلاسيكية، نظريات المعرفة، المجلة الدولية، باريس-ساوباولو، علم الكون والفلسفة، فى ذكرى مؤرخ تاريخ العلوم الفرنسى الراحل جاك مرلوبونتي، ج١ (١-٢)، يناير-يونيو ٢٠٠٠، ص ٨٩-١٠٠ . فى اللغة الفرنسية.

ببيلوغرافيا

العلوم وتاريخ العلوم بعامة، والرياضيات فى الحضارة العربية بخاصة

المراجع العربية الحديثة فى تاريخ العلوم العربية

١- د. على مصطفى مشرفة، العلم والحياة، القاهرة، دار المعارف، ١٩٤٥

٢- د. على مصطفى مشرفة، نحن والعلم، القاهرة، مكتبة الجيل الجديد، سلسلة العلوم المبسطة، الكتاب، جماعة النشر العلمي، مارس ١٩٤٥؛ وترجمة د. على مصطفى مشرفة، كتاب : جيمس جينز عن الكون الغامض، إدارة الثقافة، القاهرة؛ وألف "النظرية النسبية الخاصة"، لجنة التأليف والترجمة، القاهرة، ١٩٤٥ .

٣- د. مصطفى نظيف، "الحسن بن الهيثم، بحوثه وكشوفه فى الضوء"، ج١، ج٢؛ "كمال الدين الفارسي"، مجلة تاريخ العلوم المصرية، العدد ٢، عدد خاص عن تاريخ العلوم يشمل المحاضرات التذكارية لابن الهيثم وتاريخ حياة بعض العلماء والمعاصرين.

٤- زهير حميدان، "أعلام الحضارة العربية الإسلامية فى العلوم الأساسية والتطبيقية فى العهد العثماني.

٥- محاضرات ابن الهيثم التذكارية لمصطفى نظيف، عبد الحميد حمدي، قدرى حافظ طوقان، أحمد مختار صبري

٦- د. يمنى طريف الخولي، بحوث فى تاريخ العلوم عند العرب، القاهرة، دار الثقافة، ١٩٩٨ .

٧- تهيئة الإنسان العربى للعطاء العلمي، بحوث ومناقشات الندوة الفكرية التى نظمها مركز دراسات الوحدة العربية بالتعاون مع مؤسسة عبد الحميد شومان، بيروت، ط١، ١٩٨٥ .

٨- على أدهم، بعض مؤرخى الإسلام، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، سلسلة الثقافة العامة، من دون تاريخ.

٩- د. أحمد سليم سعيدان، مقدمة لتاريخ الفكر العلمى فى الإسلام، الكويت، عالم المعرفة، ١٩٨٨

١٠ - عمر فروخ، عبقرية العرب فى العلم والفلسفة، منشورات المكتبة العصرية، صيدا، بيروت، ط٣، ١٩٦٩

١١-د. عبد الرحمن بدوي، دراسات ونصوص فى الفلسفة والعلوم عند العرب، بيروت، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ط١، ١٩٨١

١٢- د. عبد الرحمن بدوي، دور العرب فى تكوين الفكر الأوروبي، بيروت، دار الآداب، ط١، ١٩٦٥

١٣- أثر العرب والإسلام فى النهضة الأوروبية، أعدت هذه الدراسة بإشراف مركز تبادل القيم الثقافية بالتعاون مع منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة (يونسكو)، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٠

١٤- على سامى النشار، مناهج البحث عند مفكرى الإسلام، دار المعارف، الإسكندرية، ١٩٦٥

١٥- د. رشيد الجميلي، حركة الترجمة فى المشرق الإسلامى فى القرنين الثالث والرابع للهجرة، بغداد-العراق، دار الشؤون الثقافية العامة، ١٩٨٦

١٦- قدرى حافظ طوقان، العلوم عند العرب، القاهرة، دار مصر للطباعة، ١٩٤١م، تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك، بيروت : دار الشروق، ١٩٤١م.

١٧- د. ناجى معروف، عروبة العلماء المنسوبين إلى البلدان الاعجمية فى المشرق الإسلامى، ج١، بغداد-العراق، منشورات وزارة الإعلام، ١٩٧٤

١٨- محمود عزمي، كيف آمنت بالعلم وحده، فى مجلة "المجلة الجديدة"، ديسمبر ١٩٢٩

١٩- حديث مع الدكتور مشرفة، البحث العلمي، مجلة "المجلة الجديدة"، عدد مارس ١٩٣١

٢٠- الأب الدكتور جورج شحاته قنواتي، المسيحية والحضارة العربية، بيروت، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، من دون تاريخ

٢١- د. جورج قرم، معضلات البحث العلمى فى العلوم الاجتماعية والاقتصادية، فى مجلة "الفكر العربى المعاصر، العدد الأول، مايو ١٩٨٠ .

٢٢- شيث نعمان، العمل العلمى ومؤسساته فى البلاد المبتدئة، وزارة الثقافة والفنون، العراق، ١٩٧٨ .

٢٣- د. محمد عبد الرحمن مرحبا، الجامع فى تاريخ العلوم عند العرب، بيروت-لبنان، منشورات عويدات، طبعة مزيدة ومنقحة، ط٢، ١٩٨٨، الرياضيات (ص ٧٥-٧٧ وص ١١٣-١٢٩) ، وعلم الحساب (ص ٣٧٥-٤٥٣).

٢٤- أعداد مجلة العلوم، مجلة شهرية للثقافة العلمية تصدر عن دار العلم للملايين، بيروت؛ وأعداد مجلة المورد، مجلة تراثية فصلية، وزارة الثقافة، بغداد-العراق؛ أعداد مجلة المستقبل العربى التى يصدرها مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان.

٢٥- أ. د. على اسحق عبد اللطيف، دراسة تحليلية وتحقيق، ابن الهيثم، عالم الهندسة الرياضية، منشورات الجامعة الأردنية-عمادة البحث العلمي، ٥ / ٩٢، الإشراف العام أ. د. همام بشارة غصيب، عميد البحث العلمي، التحرير إبراهيم محمود الحسنات، عمان-الأردن، ١٩٩٣م.

٢٦- عادل انبوبا، إحياء الجبر، درس لكتاب الخوارزمى فى "الجبر والمقابلة"، منشورات الجامعة اللبنانية، قسم الدراسات الرياضية، بيروت، ١٩٥٥، وقد كان الحلقة الأولى من منشورات الجامعة اللبنانية، فى قسم الدراسات الرياضية.

٢٧- أحمد تيمور باشا، أعلام المهندسين فى الإسلام، القاهرة، مطابع الكتاب العربي، ١٣٧٦ه / ١٩٥٧م.

٢٨- أحمد شوكت الشطي، مجموعة أبحاث عن تاريخ العلوم الرياضية فى المجتمع العربى فى الحضارة الإسلامية، دمشق : مطبعة جامعة دمشق، ١٣٨٤ه / ١٩٦٤م.

٢٩- أحمد فؤاد باشا، أساسيات العلوم المعاصرة فى التراث الإسلامى : دراسات تأصيلية، القاهرة : دار الهداية للطباعة والنشر والتوزيع، ١٤١٧ه / ١٩٩٧م.

٣٠- أحمد فؤاد باشا، التراث العلمى للحضارة الإسلامية ومكانته فى تاريخ العلم والحضارة، القاهرة : دار المعارف، ١٤٠٤ه / ١٩٨٤.

٣١- أحمد محمد عوف، صناع الحضارة العلمية فى الإسلام، سلسلة العلم والحياة، رقم ٨٧ و٨٨، القاهرة : الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٤١٧ه / ١٩٩٧م.

٣٢- حربى عباس عطيتو محمود وحسان حلاق، العلوم عند العرب : أصولها وملامحها الحضارية، بيروت : دار النهضة العربية، ١٤١٥ه / ١٩٩٥م.

٣٣- حكمت نجيب عبد الرحمن، دراسات فى تاريخ العلوم عند العرب، الموصل : جامعة الموصل، ١٣٩٧ه / ١٩٧٧م.

٣٤- خضر أحمد عطا الله، بيت الحكمة فى عصر العباسيين، القاهرة : دار الفكر العربي، د. ت.

٣٥- عبد المنعم إبراهيم الدسوقى الجميعي، دراسات فى تاريخ العلم العربى الحديث والمعاصر، ١٩٩١م.

٣٦- عبد الحليم منتصر، تاريخ العلم ودور العلماء العرب فى تقدمه، القاهرة : دار المعارف، ط٥، ١٩٧٣م.

٣٧- أحمد يوسف الحسن، عماد غانم، محمد موفق غنام، مالك الملوحي، رياض سماني، أبحاث الندوة العالمية الأولى "لتاريخ العلوم عند العرب"، المنعقدة بجامعة حلب من ٥-١٢ ربيع الثانى ١٣٩٦، الموافق ل ٥-١٢ نيسان (إبريل)، ١٩٧٦، الجزء الأول، الأبحاث باللغة العربية، معهد التراث العلمى العربي، جامعة حلب، ١٩٧٧ .

٣٨- عبد الله فياض، الإنجازات العلمية عند المسلمين، بغداد : مطبعة الإرشاد، ١٩٦٧م.

٣٩- على أحمد الشحات، أبو الريحان البيروني، القاهرة، دار المعارف، ١٩٦٨م.

٤٠- على عبد الله الدفاع، إسهام علماء العرب والمسلمين فى الرياضيات، بيروت : دار الشروق، ١٩٨١م.

٤١-٤١- على عبد الله الدفاع، روائع الحضارة العربية والإسلامية فى العلوم، الرياض : دار عالم الكتب للنشر والتوزيع، ١٤١١ ه / ١٩٩١م.

٤٢- عماد عبد السلام رؤوف، مدارس بغداد فى العصر العباسي، بغداد : دار البصري، ١٩٦٦م.

٤٣- عمر فروخ وآخرون، تاريخ العلوم عند العرب، بيروت : دار النهضة، ١٩٨٠م.

٤٤- فؤاد سيزكين، مكانة حنين فى تاريخ الترجمة من الإغريقى والسريانى إلى العربية، بغداد، ١٩٧٤ .

٤٥- محمد عطية الإبراشي، أعلام الثقافة العربية ونوابغ الفكر الإسلامي،

٤٦- موسي، جلال محمد، منهج البحث العلمى عند العرب، بيروت، ١٩٧٢ .

المراجع المترجمة الحديثة فى تاريخ العلوم العربية

١- برنال، جون ديزموند، "العلم فى التاريخ"، ج١ : بزوغ العلم، ترجمة د. على على ناصف، ج٢ : الثورتان العلمية والصناعية، ترجمة د. شكرى إبراهيم سعد، ج٣ : العلوم الطبيعية فى عصرنا هذا، ترجمة د. على على ناصف، ج٤ : العلـــوم الاجتماعية : خاتمة، ترجمة : فاروق عبد القادر، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت–لبنان، ط١، ١٩٨١ .

٢- ج. ج. كروثر، قصة العلم، ترجمة وتقديم ودراسة د. يمنى طريف الخولي، د. بدوى عبد الفتاح، القاهرة، المجلس الأعلى للثقافة، المشروع القومى للترجمة، ١٩٩٨ .

٣- ج. ج. كروثر، العلم وعلاقته بالمجتمع، ترجمة د. إبراهيم حلمى وأمين تكلا، القاهرة، لجنة القاهرة للتأليف والنشر، من دون تاريخ.

٤- ج. ج. كراوذر، صلة العلم بالمجتمع، ترجمة حسن خطاب ومراجعة د. محمد مرسى أحمد رئيس قسم الرياضيات بكلية العلوم بجامعة القاهرة، وزارة التربية والتعليم–قسم الترجمة–إدارة الثقافة العامة، القاهرة، مكتبة النهضة المصرية، من دون تاريخ.

٥- دين ببييونيه، الطرائق الموضوعية للتأريخ، منشورات المعهد الفرنسى للدراسات العربية بدمشق بسوريا

٦- أرنست رينان، محاورات رينان الفلسفية، ترجمة على أدهم، القاهرة، دار الكتب، ١٩٩٨ .

٧- د. محمد سويسي، (تأليف وترجمة) لغة الرياضيات فى العربية، تونس، المؤسسة الوطنية للترجمة والتحقيق والدراسات، بيت الحكمة، قرطاج، ١٩٨٩ .

٨- آدم متز، الحضارة الإسلامية فى القرن الرابع الهجرى أو عصر النهضة فى الإسلام، ترجمة عبد الهادى أبو ريدة، القاهرة: مكتبة الخانجي، ١٣٨٧ه / ١٩٦٧م.

٩- أحمد محمود الساداتى وأرمنيوس فامبري، تاريخ بخارى منذ أقدم العصور حتى الوقت الحاضر، ترجمة أحمد محمود الساداتي، القاهرة : مكتبة نهضة الشرق، ١٤٠٧ه / ١٩٨٧م.

١٠- ريغريد هونكه، نقله عن الألمانية فاروق بيضون، كمال دسوقي، راجعه ووضع حواشيه مارون عيسى الخوري، "شمس العرب تسطع على الغرب"، أثر الحضارة العربية فى أوروبة، بيروت–لبنان، دار الآفاق الجديدة، ط٤، ١٩٨٠م.

١١- اينشتين وليمبولد اينله، تطور علم الطبيعة، ترجمة عبد المقصود النادى وآخرون، الأنجلو المصرية، القاهرة.

١٢- ميلي، ألدو، العلم عند العرب وأثره فى تطور العلم العالمي، ترجمة عبد الحليم النجار، القاهرة، ١٩٦٢ .

المصادر العربية القديمة فى تاريخ العلوم

١- التهانوى الهندي، (الشيخ) محمد على بن الشيخ على بن القاضى محمد حامد ابن محمد صابر الفاروقى التهاونوى الهندى الحنفي،"كشاف اصطلاحات الفنون والعلوم"، حققه د. لطفى عبد البديع وترجم النصوص الفارسية د. عبد المنعم محمد حسنين، راجعه أمين الخولي، القاهرة، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والطباعة والنشر، ١٩٦٣ . وهو معجم لغوى فنى فى اصطلاح الفنون والعلوم، وأكثر ما يحتاج به فى تحصيل العلوم العلوم إلى الدارسين هو"اشتباه الاصطلاح"، فإن لكل اصطلاحا خاصا به إذا لم يعلم بذلك لا يتيسر للدارس فيه الاهتداء إليه سبيلاً. فرغ من جمعه سنة ١١٥٨ ميلادية، ورتبه على فنين، فن فى الألفاظ العربية، وفن آخر فى الألفاظ الأعجمية.

٢- حاجى خليفة، (١٠٠٤-١٠٦٧)، مصطفى بن عبد الله كاتب جلبى القسطنطيني، المشهور باسم حاجى خليفة أو الحاج خليفة، كشف الظنون عن أسامى الكتب والفنون، مؤسسة التاريخ العربي، دار إحياء التراث العربي، بيروت-لبنان، ١٩٤١ . (أنظر الفوائد البهية، ص ١٩ بالتعليقات)؛ البغدادي، إسماعيل باشا بن محمد أمين البغدادي، إيضاح المكنون فى الذيل على كشف الظنون، جزءان، عقب "كشف الظنون، طبع وزارة المعارف التركية، إستانبول، ١٩٤٥-١٩٤٧ .

٣- سركيس "يوسف"، يوسف بن اليان بن موسى سركيس الدمشقى (١٨٦٥م-)، معجم المطبوعات العربية والمعربة، وهو شامل لأسماء الكتب المطبوعة فى الأقطار الشرقية والغربية، مع ذكر أسماء مؤلفيها ولمعة من ترجمتهم وذلك من يوم ظهور الطباعة إلى نهاية ١٩١٩ ميلادية، مطبعة سركيس بمصر، ١٩٢٨م.

٤- ابن رجب الحنبلي، جامع العلوم والحكم، تحقيق طارق أحمد محمد، جزءان، دار الصحابة للتراث بطنطا، ١٩٩٤

٥- الخوارزمى ، أبو عبد الله محمد بن موسي، " كتاب الجبر والمقابلة"، تحقيق ونشر على مصطفى مشرفة ومحمد مرسى أحمد، القاهرة، الجامعة المصرية، كلية العلوم، ١٩٣٩

٦- الكاشى ، جمشيد غياث الدين،" مفتاح الحساب"، تحقيق ونشر أحمد سعيد الدمرداش ود. محمد حمدى الحفنى الشيخ، مراجعة عبد الحميد لطفي، القاهرة، دار الكتاب العربى للطباعة والنشر، ١٩٦٧

٧- الفارابى (٣٣٩)، أبو نصر محمد بن محمد بن طرخان بن أوزلغ الفارابى التركي، " إحصاء العلوم"، حققه وقدم له وعلق عليه د. عثمان أمين، القاهرة، مكتبة الأنجلو المصرية، ١٩٦٨ ، ط٣ . وأهداه عثمان أمين إلى الشيخ مصطفى عبد الرازق. (أنظر : عيون الأنباء، ٢، ١٣٤، أخبار الحكماء، ١٨٢، ابن خلكان، ٢، ١٠٠، روضات الجنات، ٤، ١٧١، ابن العبري، ٢٩٥، مفتاح السعادة، ١، ٢٩٥، معلمة الإسلام، ج٢، ٥٧، وفيها شرح واف عن فلسفة الفارابى).

٨- القفطى "جمال الدين" (٥٦٣-٦٤٦) على بن يوسف بن إبراهيم بن عبد الواحد بن موسى ابن أحمد بن محمد بن اسحق بن محمد بن ربيعة الشيبانى القفطى (الوزير) جمال الدين أبو الحسن، "أخبار الحكماء بأخبار الحكماء، القاهرة"، مكتبة المتنبي، من دون تاريخ (أنظر : ياقوت الحموي، معجم الأدباء، ٥، ٤٧٧، فوات الوفيات، ٢، ٩٦، الطالع السعيد للادفوي، ٢٣٧، حسن المحاضرة، ١، ٢٦٥، بغية الوعاة، ٣٥٨).

٩- الخوارزمى (أبو عبد الله محمد بن أحمد بن يوسف الخوارزمى الكاتب الأديب) ٣٨٧ه، "مفاتيح العلوم"، إدارة الطباعة المنيرية، القاهرة، ١٣٤٢ه؛ يحيى الحساب والباز العريني، ضبط وتحقيق الألفاظ التاريخية الواردة فى كتاب مفاتيح العلوم للخوارزمي، مستخرج من المجلة التاريخية المصرية، المجلد السابع سنة ١٩٥٨ .

١٠- الخازن، ميزان الحكمة، ط١، مطبعة دائرة المعارف العثمانية، ١٣٥٩ه

١١- ابن أبى أصيبعة (٦٠٠-٦٦٨)، موفق الدين أبو العباس أحمد بن القاسم بن خليفة بن يونس بن أبى أصيبعة السعدى الخزرجي، "عيون الأنباء فى طبقات الأطباء : من أقدم الأزمنة إلى أيامه"، القاهرة، طبع فى لونكسبرج سنة ١٨٨٤ بعناية المستشرق مولر الألماني، وطبع فى مصر المط الوهبية سنة ١٢٩٩ فى مجلدين، ونشر منه ه. جاهيه وعبد القادر نور الدين الباب الثالث عشر، أطباء المغرب، مع ترجمة فرنسية فى ١٨٣ ص (منشورات كلية الطب والصيدلة فى الجزائر) الجزائر، ١٩٥٨، وطبع فى بيروت بمجلدين طبعة عادية، وطبع حديثا فى القاهرة، فى الهيئة المصرية العامة للكتاب، سلسلة التراث، تحقيق د. عامر النجار ، ٤ مجلدات، ٢٠٠١ . (أنظر : أول عيون الأنباء، شذرات الذهب، ٥، ٣٢٧، روضات الجنات، ٨٥، دائرة المعارف الإسلامية، ١، ٦٩، تأريخ العرب، ٣، ٨١١).

١٢- النديم، الفهرست، حققه وقدم له د. مصطفى الشويمي، الدار التونسية للنشر، المؤسسة الوطنية للكتاب، الجزائر، ١٩٨٥ .

١٣- ابن العبري، غريغوريوس ابوالفرج بن اهرون، (١٢٢٦م -١٢٨٦م)، تاريخ مختصر الدول، وقف على طبعه ووضع حواشيه الأب أنطون صالحانى اليسوعي، المطبعة الكاثوليكية، بيروت-لبنان، ط١، ١٨٩٠، ط٢، ١٩٥٨ .

١٤- الطبري، تاريخ الأمم والرسل والملوك ، طبعة المطبعة الحسينية، ١٣ جزءا، القاهرة، ١٣٣٦ه

١٥- المسعودى (٣٤٥ أو٣٤٦) أبو الحسن على بن الحسين بن على المسعودى الشافعي، "التنبيه والإشراف"، روائع التراث العربي، ٤، مكتبة خياط، بيروت-لبنان، ١٩٦٥ . (أنظر : الفهرست، ١٥٤، ياقوت الرومى الحموى (٥٧٥-٦٢٦)، معجم الأدباء، ٥، ١٤٧، فوات الوفيات، ٢، ٤٥، الخطط الجديدة، ١٥، ٣٧، روضات الجنات، ٣٧٩).

١٦- ابن خلكان، "وفيات الأعيان"، تحقيق د. إحسان عباس، دار الثقافة، بيروت-لبنان، المملكة العربية السعودية، وزارة المعارف، المكتبات المدرسية، من دون تاريخ.

١٧- البيهقي، تاريخ حكماء الإسلام، تحقيق محمد كرد على، مطبوعات المجمع العلمى العربى بدمشق، دمشق، ١٩٤٦

١٨- ابن الفرضي، تاريخ العلماء والرواة للعلم بالأندلس، تحقيق السيد عزت العطار الحسيني، جزءان، مكتبة المثنى، بغداد، مكتبة الخانجي، القاهرة، ١٩٥٤

١٩- السلامي، تاريخ علماء بغداد، المسمى منتخب المختار، تحقيق عباس العزاوي، مطبعة الأهالي، بغداد، ١٩٣٨

٢٠- أبوكامل، "كتاب الجبر والمقابلة"، منشورات معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية فى إطار جامعة فرانكفورت بألمانيا، يصدرها فؤاد سزكين، سلسلة ج عيون التراث، المجلد ٢٤، طبع بالتصوير عن مخطوطة قره مصطفى باشا ٣٧٩ مكتبة بايزيد فى استانبول، ١٩٨٦ .

٢١- اقليدس، "كتاب الأصول"، ترجمة الحجاج بن يوسف بن مطر مع شرح أبى العباس الفضل بن حاتم النيريزي، وترجمة لاتينية لرسمس أولسن بستهورن ويوهن لدفج هايبرج، فى الرياضيات الإسلامية والفلك العربي، ١٤-١٥-١٦، الأقسام

١-٢-٣-٤، معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، جامعة فرانكفورت، ألمانيا، ١٩٩٧م، ؛ أقليدس عند العرب، منشورات معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، ج١٧، يصدرها فؤاد سيزجين، القسم الأول، جمع وإعادة طبع فؤاد سيزجين، بالتعاون مع كارل إيرج-إيجرت، مازن عماوي، إكهارد نويباور، جامعة فرانكفورت، ألمانيا، ١٩٩٧، فوبكه، فرانتس، حول الترجمة العربية لكتابى أقليدس المفقودين، فى اللغة الفرنسية، أفتردنجر، لدفج فلكس، حول إعادة تركيب كتاب أقليدس فى القسمة ، فى اللغة الألمانية، شتينشنايدر، مورتس، كتب "المتوسطات" العربية ومؤلفوها، فى اللغة الألمانية، شتينشنايدر، مورتس، أقليدس عند العرب، دراسة وببلوغرافيا، فى اللغة الألمانية، شتينشنايدر، مورتس، سمبلسيوس كعالم فى الرياضيات، فى اللغة الألمانية، كورتسه، مكسمليان، كتاب أقليدس فى الثقل والخفة وقياس الأجرام ، فى اللغة الألمانية، فيسنبورن، هارمن، حول ترجمة كتاب أقليدس من العربية إلى اللاتينية التى قام بها أدلهارد فون باث، على أساس مخطوطتين من مكتبة آرفورت، فى اللغة الألمانية، ففارو، أنطونيو، ملاحظات تاريخية حول قسمة المساحات، فى اللغة الإيصالية، هايبرج، يوهن لدفج، دراسات أدبية تاريخية حول أقليدس : أخبار العرب المتعلقة به، فى اللغة الألمانية، هايبرج، يوهن لدفج، كتاب أقليدس فى الأصول عند العرب، فى اللغة الألمانية، هايبرج، يوهن لدفج، كتاب أقليدس فى العصور الوسطي، فى اللغة الألمانية، هايبرج، يوهن لدفج، إضافات متعلقة بأقليدس، فى اللغة الألمانية، كلمروت، مارتن، حول أقليدس عند العرب، فى اللغة الألمانية.

٢٢- ابن البنا ء المراكشي، "تلخيص أعمال الحساب"، حققه وترجمه وعلق عليه، د. محمد سويس، تونس، منشورات الجامعة التونسية، ١٩٦٩ .

٢٣- ابن جلجل، أبو داود سليمان بن حسان، "طبقات الأطباء والحكماء"، تحقيق فؤاد السيد، القاهرة، ١٩٥٥

٢٤- ابن شاكر الكتبي، صلاح الدين محمد بن شاكر بن أحمد بن عبد الرحمان، فوات الوفيات، ٤ أجزاء، تحقيق إحسان عباس، دار الثقافة، بيروت، ١٩٧٣-١٩٧٤ .

٢٥- ابن قطلوبغا، زين الدين أبو العدل قاسم بن قطلوبغا السودوني، تاج التراجم فى طبقات الحنفية، بغداد، ١٩٦٢ .

٢٦- البغدادي، إسماعيل باشا بن محمد أمين البغدادي، هدية العارفين فى أسماء المؤلفين والمصنفين، جزءان، طبع وزارة المعارف التركية، إستانبول، ١٩٥١-١٩٥٥ .

٢٧- السيوطي، بغية الوعاة فى طبقات اللغويين والنحاة، طبعة الخانجي، مصر، ١٣٢٦ .

٢٨- سيزجين، فؤاد، تاريخ المؤلفات العربية، فى اللغة الألمانية، ٧ مجلدات، ليدن، ١٩٦٧-١٩٧٩ .

29- Sezgin, Fuat, Geschichte des arabischen Schrifttums, Leiden : E. J. Brill, 1967.

٣٠- وهو عمل أساسى لدراسة الفترة الواقعة بعد نحو ١٠٤٠ بعد ميلاد السيد المسيح، ويدرس سيزجين الرياضيات فى الجزء الخامس الصادر عام ١٩٧٤ من موسوعته. ويتعامل سيزجين مع المؤلفين الذين كتبوا فى اللغة العربية، واليونانية، والهندية، ومع من بقيت أعمالهم فى اللغة العربية ممن لم يؤلفوا فى اللغة العربية. يقدم سيزجين لكل مؤلف بمقدمة، مشيراً إلى المخطوطات العربية المعروفة فى العصور الوسطي، راجعاً إلى الطبعات العربية، وإلى ترجمات العصور الوسطي، وإلى ترجمات العصر الحديث، وإلى الدراسات الصادرة قبل ١٩٧٤ أو١٩٧٨ ؛ فؤاد سزكين (جمع وإعادة طبع)،

"أرشميدس فى المؤلفات العربية"، نصوص ودراسات، بالتعاون مع كارل إيرج - إيجرت، مازن عماوي، إكهارت نويباور، معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، جامعة فرانكفورت، ألمانيا، ١٩٩٨م،

٣١- الصفدي، أبو الصفاء صلاح الدين خليل بن أيبك، الوافى بالوفيات، فيسبادن ١٣٨١-١٣٩١ / ١٩٦١-١٩٧١ .

٣٢- النويري، شهاب الدين أحمد بن عبد الوهاب، نهاية الأرب فى فنون الأدب، ١٨ جزءاً، القاهرة، وزارة الثقافة والإرشاد القومي، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والطباعة والنشر، ٦٧٧-٧٣٣ ه .

٣٣- كحالة، عمر رضا، "معجم المؤلفين"، ١٥ جزءاً، مطبعة الترقي، دمشق، ١٩٥٧-١٩٦١ .

٣٤- الدجيلي، عبد الصاحب عمران، " أعلام العرب فى العلوم والفنون"، ٣ أجزاء، ط٢، مع تحقيقات وزيادات واسعة، مطبعة النعمان، ١٩٦٦ .

٣٥- البيروني، أبوالريحان محمد بن أحمد، كتاب القانون المسعودي"، ٣ أجزاء، ط٢، ط١، بمطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية بحيدرآباد الدكن- الهند، ١٩٥٤م؛ ابن عراق، أبو نصر منصور بن على، رسائل أبى نصر بن عراق إلى البيروني، حيدرآباد-الدكن (الهند) : مطبعة جمعية دائرة المعارف، ١٩٤٨م / ١٣٦٧ه . وهى خمس عشرة رسالة -فى الأسطرلاب، امتحان الشمس، تصحيح زيج الصفائح، جدول التقويم، جدول الدقائق، رؤية الاهلة، ضميمة كتاب الأصول، القسى الفلكية، كرية السماء، المسائل الهندسية، مطالع السمت، إصلاح شكل مانالاوس، منازعة أعمال الاسطرلاب، دوائر السموت فى الاسطرلاب- عن المجموعة النادرة المحفوظة فى مكتبة بانكى فور-بتنه]رقم ٢٤٦٨[
، ١٦، ١٥، ٩، ٨، ١٤، ٢٠، ٢١، ١٨، ٢٢، ١٩، ١٧، ١٠، ١١، ١٢، ١٣ .

٣٦- بن ميمون، موسي، دلالة الحائرين، ٣ ج، عارضه بأصوله العربية والعبرية وترجم النصوص التى أوردها المؤلف بنصها العبرى إلى اللغة العربية وقدم له د. حسين آتاي، ط٢، القاهرة، مكتبة الثقافة الدينية، أحمد أنس عبد المجيد، المركز الإسلامى للطباعة، ١٩٩٣ .

37- Encyclopaedia of Islam, 2nd ed. Leiden : E. J. Brill, and London : Luzac and Company, 1960.

٣٨- "موسوعة الإسلام"، موسوعة عامة، مرتبة أبجدياً، بالإحالات والفهارس، وتحتوى على مقالات قصيرة وعامة عن علماء الرياضيات المسلمين وظروف نشأة الرياضيات فى اللغة العربية.

39- .-٤٢Index Islamicus, 2000.

٤٠- "الدليل الإسلامي"، وهى مجلة الفهرسة الفصلية، وتحتوى على المداخل الببلوغرافية فى مجالات الحضارة الإسلامية كافة. وتحتوى على قسم خاص بالعلم فى العالم الإسلامى فى العصور الوسطي.

٤١- الكرجي، أبو بكر محمد بن الحسن، الكافى فى الحساب، مصادر ودراسات فى تاريخ الرياضيات العربية، ٥، منشورات جامعة حلب، معهد التراث العلمى العربي، درسه وحققه وشرحه د. سامى شلهوب، ١٩٨٦م؛ كتاب البديع فى الحساب، منشورات الجامعة اللبنانية، قسم الدراسات الرياضية، ٢، تحقيق عادل انبوبا، بيروت، ١٩٦٤م.

٤٢- " الطوسي، نصير الدين ، "برهان" على مصادرة أقليدس الخامسة، د. عبد الحميد إبراهيم صبره، فصلة من مجلة كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، المجلد الثالث عشر، مطبعة جامعة الإسكندرية، ١٩٥٩م.

٤٣- عمر الخيام، رسالة فى شرح ما أشكل من مصادرات كتاب أقليدس، تحقيق د. عبد الحميد صبره، الناشر المعارف بالإسكندرية، ١٩٦١م.

٤٤- شمس الدين الذهبي، تاريخ الحكماء وطبقات المشاهير والأعلام، ٣ج، القاهرة، ١٣٦٨هـ.

١- أبو يعرب المرزوقي، "ابستمولوجيا أرسطو من خلال منزلة الرياضيات في قوله العلمي"، ليبيا، الدار العربية للكتاب، ١٩٨٥

2- *Gilles Renard, Lépistémologie chez Georges Canguilhem, Paris, Nathan, 1996*

٣- لطفي العربي، "مدخل إلى الابستمولوجيا"، ليبيا، الدار العربية للكتاب، ١٩٨٤ .

٤- ناصيف نصار، الفلسفة في معركة الأيديولوجية، بيروت، دار الطليعة، ط١، ١٩٨٠

٥- عبد السلام بنعبد العالي، الميتافيزيقا، العلم والأيديلوجيا، بيروت، دار الطليعة، ١٩٩٣

٦- أمين الخولي، "مناهج تجديد"، القاهرة، هيئة الكتاب، ١٩٩٥ .

7- *Gilles Haeri et Bruno Roche, Introduction à la philosophie des sciences, Paris, PUF, 1999.*

8- *Bruno Jarrosson, Invitation à la philosophie des sciences, Paris, Ed. du Seuil, 1992.*

9- *Ferdinand Alquié, La philosophie des sciences, Paris, Ed. de la Table ronde, 2003.*

مداخل مؤلفة ومترجمة لفلسفة التاريخ

١- و. هـ. ولش، "مدخل لفلسفة التاريخ"، ترجمة أحمد حمدى محمود، راجعه محمد بكير خليل، القاهرة، مؤسسة سجل العرب، ١٩٦٢ .

٢- برنار غروتويزن، "فلسفة الثورة الفرنسية"، ترجمة عيسى عصفور، دمشق، منشورات وزارة الثقافة، ١٩٧٠ .

٣- "فلسفة التاريخ"، عدد خاص من مجلة "عالم الفكر"، المجلد الخامس، العدد الأول، إبريل-مايو-يونيو، ١٩٧٤

٤- بول هازار، أزمة الضمير الأوربي، ترجمة جودت عثمان ومحمد نجيب المستكاوي، مقدمة طه حسين، القاهرة، مطبعة الكاتب المصري، ١٩٤٨

٥- ارنست كاسيرر، فى المعرفة التاريخية، ترجمة أحمد حمدى محمود، مراجعة على أدهم، القاهرة، دار النهضة العربية، من دون تاريخ

٦- أعداد مجلة العلوم، مجلة شهرية للثقافة العلمية تصدر عن دار العلم للملايين، بيروت؛ وأعداد مجلة المورد، مجلة تراثية فصلية، وزارة الثقافة، بغداد-العراق؛ أعداد مجلة المستقبل العربى التى يصدرها مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت-لبنان.

7- *Paul Ricoeur, La mémoire, lhistoire, l'oubli, Paris, Seuil, Points-Essais, 2000.*

8- *Etienne Klein, Les tactiques de chronos, Paris, Flammarion, 2003.*

تاريخ العلوم بعامة

1- Michel Serres (dir.), *Eléments d'histoire des sciences*, Paris, Masson, 1984.

2- Pierre Rousseau, *Histoire de la science*, Les grandes études historiques, Fayard, 1945.

3- Alexandre Koyré, *Etudes d'histoire de la pensée scientifique*, Paris Gallimard, 1973.

4- Georges Canguilhem, *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin, 1994

5- Daumas, M., (ED.), *Histoire de la science*, Paris, Gallimard, 1957.

6- Robert Mortimer Gascoigne, *A chronology of the history of science, 1450 -1900* Garland Reference Library of the humanities (v0 714), New York, London, 1987.

7- David Knight Marcus, *Sources for the history of science, 1660-1914*, Cornell University Press, Ithaca, New York, 1915, pp. 27, 33, 47, 129.

8- *Chronologie d'histoire des sciences*, Le temps déployé, Larousse, Bordas, 1997.

جداول الفهارس الرياضية الدولية

1- *Zentralblatt fur Mathematik (ZfM)*

أشمل قاعدة بيانات فى العالم فى الرياضيات التطبيقية والرياضيات المحض، وتحتوى على نحو مليونى مدخلا لأكثر من ٢٣٠٠ دورية ومجلة علمية متخصصة. والمداخل سرية طبقا لخطة التصنيف. فى ألمانيا. *Springer-Verlag* وهى تصدر عن

2- *Current information sources in mathematics : an annoted guide to books and periodicals 1960-1972, Elie M. Dick, Littleton, Colo : Libraries unlimited, 1973.*

3- *The Use of mathematical litterature, ed. by A. R. Dorling, London, Butterworths, 1979.*

4- *Isis*

إيزيس هى الدورية الرسمية الصادرة عن جمعية تاريخ العلم بقسم دراسات العلم والتقنية بجامعة كورنيل بولاية نيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية، وهى تقدم مراجعات دولية فى تاريخ العلوم وتأثيراته الثقافية بوجه عام.

5- *Mathematical Reviews (MR) (USA)*

1- F. Le Lionnais, *Les grands courants de la pensée mathématique*, Paris, Albert Blanchard, 1962.

2- M. Kline, *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times*, London, 1972.

المصادر الحديثة فى تاريخ الرياضيات

1- Adolf P. Youschkevitch, *Les mathématiques arabes (VIIIe-XVe siècles) traducttion par M. Cazenave et K. Jaouiche, Préface de René Taton, Paris, Vrin, 1976.*

وهى الترجمة الفرنسية للترجمة الألمانية (١٩٦٤، ب. ج. توبينر، ليبزيج) :

Geschichte des Mathematik im Mittelalter (History of Mathematics in the Middle Ages), Leipzig, 1964.

للنص الروسى الأصلى الذى ألفه أدولف ب. يوشكفتش، أستاذ معهد تاريخ العلوم والتقنيات بأكاديمية العلوم بموسكو بالاتحاد السوفيتى السابق. وهو الكتاب الذى صدر فى اللغة الروسية عام ١٩٦١ تحت عنوان : "الرياضيات فى العصر الوسيط"، أى الرياضيات فى الصين، والهند، والبلدان الإسلامية، وأوروبا، فى العصر الوسيط. والكتاب المذكور، أى :

Geschichte des Mathematik im Mittelalter (History of Mathematics in the Middle Ages)

اقتصر على ترجمة الجزء الثالث الذى يتعلق بالرياضيات فى البلدان الإسلامية فى العصر الوسيط. وإذا كان الكتاب "الرياضيات فى العصر الوسيط" قد ترجم إلى اللغة الألمانية، والبولندية، والرومانية، واليابانية، وغيرها من اللغات الحية، فإنه لم تصدر حتى الآن ترجمة عربية للجزء الثالث الذى يتعلق بالرياضيات فى اللغة العربية فى العصر الوسيط.

2- *Kenneth Apel, Wolfgang Haken, Emmanuel Halberstadt, Les progrès des mathématiques, Paris, 1981.*

3- *Jacques Bouveresse, Jean Itard, Emie Sallé, Histoire des mathématiques, Paris, Larousse, 1977.*

4- *Pierre Dedron, Jean Itard, Mathématiques et mathématiciens, Paris, 1969.*

5- *Jean Itard, Essais d'histoire des Mathématiques, Paris, 1984.*

6- *Jean Itard, Pierre Fermat, Basel, 1950.*

7- *Jean - Paul Colette, Histoire des mathématiques, Québec, Canada, Editions du Renouveau pédagogique Inc., 1973:*

8- *Maurice d'Ocagne, Histoire abrégé des sciences mathématiques, Paris, Vuibert, 1952, pp. 55-58.*

9- *Arpad Szabo traduit de l'allemand par Michel Federspiel, Les débuts des mathématiques grecques, 1995.*

10- *Cajori, florian, William Oughtred : A Great Seventeenth-Century Teacher Of Mathematics, Chicago, 1916; A history of elementary mathematics : with hints on methods of teaching, New*

York, 1917; A History of Mathematical notations, Dover Publications-Chicago, 1974 ; A History of Mathematics, New York, 1980.

كاجورى وروس بول، "علوم العرب الرياضية وانتقالها إلى أوروبا"، لجامعه وناقله إلى العربية أحمد فهمى أبوالخير، نشرته تباعا مجلة الهندسة، ط١، مطبعة الاعتماد بمصر، ١٩٣٠ .

فهذا الكتاب -كتاب أحمد فهمى أبو الخير- يتضمن من تاريخ العلوم الرياضية الجزء الخاص بالعرب، ولم يكن أحمد فهمى أبو الخير فى هذا الكتاب مبتكراً بل كان ناقلا عن دائرة المعارف البريطانية، وعن كتاب "تاريخ العلوم الرياضية الابتدائية" لمؤلفه كاجوري، وكتاب "مختصر تاريخ الرياضيات" لمؤلفه روس بول.

11- *Cantor, M. (1880-1898), Vorlesungen uber Geschichte der Mathematik (A Course on the History of Mathematics) 3 Bande, Leipzig: Teubner, 1894-1900.*

م. كانتور، محاضرات فى تاريخ الرياضيات، ١٨٩٤-١٩٠٠ .

12- *Hankel, H., Zur Geschichte der Mathematik, Leipzig, 1874*

هـ. هنكل، حول تاريخ الرياضيات، ليبزيج، ١٨٧٤ .

13- *Flugel, G., Al-Kindi, genannt ' der Philosoph der Araber ' Leipzig, 1857*

ج. فلوجل، الكندي، المسمى باسم "فياسوف العرب"، ليبزيج، ١٨٥٧ .

14- *Suter, Heinrich, Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke, Leipzig. Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1900. Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften mit einschluss ihrer Anwendungen. X. Heft. Zugleich Supplement zum 45. Jahrgang der Zeitschrift fur Mathematik und Physik. Hrsg .Von R. Mehmke und M. Cantor.*

سُوتَر، هاينْرِج، الرياضيون واللكيون العرب وأعمالهم، ليبزيج، ١٩٠٠ .

15- *Woepke, F. , Sur lصintroduction de l'arithmétique indien en Occident, Paris, 1859; Note sur des notations algébriques employées par les arabes, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, vol. 39, pp. 162-165.*

فرانس يوبكه، حول دخول الحساب الهندى إلى الغرب؛ إشارة إلى الرموز الجبرية المستخدمة لدى العرب.

16- *Pappus d'Alexandrie, La Collection mathématique, deux tomes, traduit du grec, avec une introduction et des notes par Paul Ver Eecke, Paris, Albert Blanchard, 1982.*

17- *Nicolas Bourbaki, Eléments d'histoire des mathématiques, Paris, Bordas, 1989-1991.*

18- *D. E. Smith, History of mathematics, two volumes, USA, Dover Publications, Inc., 1951.*

19- *Eilhard Wiedemann, Aufsatze zur arabischen Wissenschafts-Geschichte, 2 Bd., Mit einem Vorwort und Indices herausgegeben von Wolfdietrich Fischer, Georg Olms Verlag Hildesheim, New York, 1970.*

20- *Jean Dieudonné, Abrégé d'histoire des mathématiques 1700-1900 , Paris, Hermann, 1978/1992; History Of Algebraic Geometry : An Outline Of The History And Development Of Algebraic Geometry, Monterey, 1985; History of functional analysis, Amsterdam, 1981; Mathematics : The music Of Reason, Berlin, 1992, Pour l'honneur de l'esprit humain : les mathématiques aujourd'hui, Paris, 1987.*

21- *A. Dahan-Dalmedico et J. Peiffer, Une histoire des mathématiques, Paris, Ed. du Seuil, 1986.*

22- *Jean-Louis Audirac, Vie et oeuvre des grands mathématiciens, Ed. Magnard, 1990.*

23- *Victor J. Katz, A History Of Mathematics, an introduction, Addison-Wesley Educational Publishers-1988.*

24- *J. P. Colette, Histoire des mathématiques, 2 volumes, Ed. du renouveau pedagogique, 1973.*

25- *Eric Temple Bell, Les grands mathématiciens, Paris, Ed. Payot, 1950.*

26- *Marcel Boll, Histoire des mathématiques, Paris, PUF, Que sais-je ? n' 42, 1941/1979.*

27- *David Burton, The History of Mathematics, an introduction, Ed. WCB WM C. Brown Publishers, 1985-91.*

28- *A. Dahan-Dalmedico & J. Peiffer, Une histoire des mathématiques, Paris, Ed. du Seuil, 1986.*

29- *Marshall Clagett, Archimedes In The Middle Ages, Volume I, The Arabo-Latin Tradition, The University Of Wisconsin Press, Madison, 1964.*

30- *Thomas Heath, Kt., A History Greek Mathematics, 2 volumes, Oxford At The Alarendon Press, 1960; Diophantus Of Alexandria : A Study In The History Of Greek Algebra, Cambrige, 1910.*

31- *J. Tropfke, Geschichte der Elementarmathematik, Berlin, 1980.*

المصادر الجماعية الحديثة فى تاريخ الرياضيات

1- *La démonstration dans l'histoire, Colloque Inter-IREM mai 1989, Ed. IREM de Besancon et IREM de Lyon (Diffusion : IREM de Lyon)*

2- *Fragments d'histoire des mathématiques, Brochure APMEP no 65 - APMEP, 1987.*

3- *Histoire de problèmes, histoire des mathématiques, Commission Inter-IREM, Ed. Ellipses, 1993.*

4- *Bibliography and Research Manual of the history of mathematics, Kenneth O. May, University of Toronto Press, USA, 1973.*

ببليوغرافيا ومرشد البحث فى تاريخ الرياضيات، كنث أ. مي، منشورات جامعة تورونتو، الولايات المتحدة، ١٩٧٣ .

5- *Publications Of The Institute For The History Of Arabic-Islamic Science, Edited by Fuat Sezgin, Islamic Mathematics and Astronomy. The Johann Wolfgang Goethe University, Frankfurt am Main.*

منشورات معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، يصدرها فؤاد سزكين، سلسلة الرياضيات الإسلامية والفلك الإسلامي. فى إطار جامعة فرانكفورت–جمهورية ألمانيا الاتحادية.

6- *Actes du XIIème congrès international d'histoire des sciences tenu à Paris en 1968 Tome IV : Histoire des mathématiques et de la mécanique depuis l'antiquité, Paris, Albert Blanchard.*

7- *Alhambra 2000, European-Arabic Congress of Mathematics (with History of European and Arabic Mathematics and Mathematicians).*

٨– أعمال المؤتمر الأوروبي–العربى للرياضيات (تاريخ الرياضيات الأوروبية والعربية وعلماء الرياضيات)، اللجنة العلمية، الرئيس جون بيار بورجينيون، الأستاذ بالمعهد العالى للدراسات العلمية باريس بفرنسا، ومساهمات رشدى راشد، وهيلين بيلوستا، وميخائيل أتياه، وكريستيان هوزيل، ومحمد أبالاغ، غيرهم من الباحثين الدوليين.

٩– بحوث الندوة القومية الأولى لتاريخ العلوم عند العرب، جامعة بغداد، مركز إحياء التراث العلمى العربي، ١٣–١٥ / ١ شباط / ١٩٨٩، الجزء الثانى فى الطب العربي.

– نظرية الأعداد

1- Les nombres, Ed. Springer Verlag (Heidelberg-1992), Ed. francaise Vuibert, 1998.

2- Francois Le Lionnais, Les nombres remarquables, Ed. Hermann, 1983/1994.

3- L'univers des nombres, Hors série n2 de la revue 'La Recherche'Août, 1999.

4- Georges Ifrah, Histoire universelle des chiffres, Paris, Ed. Robert Laffont, 1994.

5- Gaston Casanova, Infini des mathématiciens, infini des philosophes, Paris, Collection Regards sur la science, Belin, 1992.

– الأصول الحديثة فى نظرية الاحتمال

1- A.A. Cournot, Exposition de la théorie des chances et des probabilités, in Oeuvres complètes, tome 1, Paris, Vrin, 1984; A.A. Cournot, Matérialisme, vitalisme, rationalisme, Etude sur l'emploi des données de la science en philosophie, in Oeuvres complètes, tome 5, Paris, Vrin, 1979, quatrième section, Rationalisme §§ 3-6 : Probabilité.

2- Pierre-Simon Laplace, Essais philosophiques sur les probabilités, Gauthier-Villars, Paris, 1921.

3- Jacques Bernouilli, L'art de conjecturer, suivi du Traité des series infinies, et de la Lettre sur le jeu de paume, Première traduction complète du latin en français, avec un avertissement et des notes par jean Peyroux, Paris, A. Blanchard.

4- I. Todhunter, A History of the mathematical theory of probability from the time of Pascal to that of Laplace, New York, 1949.

– الرابطة بين نظرية الاحتمال وتاريخ الرياضيات

1- A .N. Kolmogorov and A. P. Yushkevich (eds.), Mathematics of the 19 th century : mathematical logic, algebra, number theory, probability theory, Basel, 1992.

2- Philippe Wehrle, préface de Ferdinand Gonseth, L'univers aléatoire, Paris, 1956.

3- Annales de l'Institut Henri Poincaré. Probabilités et statistiques, Paris, 1983.

4- Henri Poincaré, Calcul des probabilités : [cours de physique mathématique], 1987.

5- Dominique Foata, Calcul des probabilités : cours, exercices et problèmes, 1998.

6- Alber, Shemaya Levy, Albert Krief, Calcul des probabilités : exercices 1972.

7- Albert Tortrat, Calcul des probabilités et introduction aux processus aléatoires, 1971.

8- *Alber Pasquier, Eléments de calcul des probabilités et de théorie des sondages, 1969.*

9- *Paul Jaffard, Initiation aux méthodes de la statistique et du calcul des probabilités, 1996.*

10- *Claude Dellacherie, Probabilités et potentiel [5] Chapitres XVII à XXIV, Processus de Markov [fin], 1992.*

11- *Walder Masieri, Statistiques et calcul des probabilités : cours et travaux pratiques, 2001.*

12- *Daniel Revuz, Probabilités, Paris, Hermann.*

13- *Jacques Monod, Le hasard et la nécessité.*

14- *René Thom, Paraboles et catastrophes.*

15- *Edgar Morin et Jean-Louis Lemoigne, Lصintelligence de la complexité.*

16- *Jacques Bouveresse, "L'homme sans qualité" de Musil.*

17- *Marcel Conche, L'aléatoire, Paris, PUF.*

18- *Les théories de la complexité, autour de l'oeuvre d'Henri Atlan, Colloque de Cerisy sous la direction de Françoise Fogelman Soulé, Paris, Seuil, 1991.*

19- *Réda Benkirane, La complexité, vertiges et promesses, Paris, Ed. Le Pommier, 2003.*

– التحليل التوافيقي

1- *Jean-Pierre Ginisti, La logique combinatoire, 1997.*

2- *Irene Charon, Anne Germa, Olivier Hudry, Méthodes d'optimisation, 1996.*

3- *Marc Barbut, Bernard Monjardet, Odre et classification : algèbre et*

4- *combinatoire, 1970.*

5- *Gérard Genot, Piradello : un théâtre combinatoire, 1993.*

6- *Eugène Ehrart, Polynômes arithmétiques et méthode des polyèdres en combinatoire, 1977.*

– فلسفة الرياضيات

1- *R. Apery, J. Dieudonné, M. Mandelbrot, R. Thom, Penser les mathématiques Séminaire de l'Ecole Normale supérieure, Ed. du Seuil, 1982.*

2- *Bertrand Russell, A. N. Whitehead, Principia mathematica, The principles of mathematics, , (1910-1913) 1972, London, Allen and Vnwirt, tenth impression, second edition, Cambridge University Press, 1903 (first edition); Einfuhrung in die mathematische Philosophie, Mit einer Einleitung von Michael Otte herausgegeben von johannes Lenherd*

und Michael Otte, Hamburg, Felix Meiner Verlag, 2002; James Feibleman, A Replay to Bertrand Russell's Introduction to the Second Edition of ,The principles of mathematics.

وقد كان مشروع مباديء الرياضيات لبرتراند رسل وأ. ن. وايتهيد، هوإعادة صياغة الرياضيات كلها فى لغة المنطق الجديد على النحوالتالي: ج١: المصادرات (تعريف الرياضيات الخالصة، المنطق الرمزي، التضمين والتضمين الشكلي، أسماء الأعلام والصفات والأفعال، الإحالة، الطبقات، دوال القضايا، المتغير، العلاقات، التناقض)؛ ج٢: الأعداد؛ ج٣: الكمية؛ ج٤: النظام؛ اللامتناهى والمتصل؛ ج٦ : المكان؛ ج٧: المادة والحركة.

3- *Jean Cavaillès, Philosophie mathématique, Préface de Raymond Aron, Paris, Hermann, collection Histoire de la pensée, 1962.*

4- *Jules Vuillemin, Philosophie de l'algèbre, tome 1, Recherche sur quelques concepts et méthodes de l'algèbre moderne, Paris, PUF, deuxième édition, 1993.*

5- *Louis Couturat, Les Principes des mathématiques, Georg Olms Verlagsbuchhandlung Hildesheim, 1965.*

وبه ملحق حول فلسفة الرياضيات عند عمانوئيل كانط: مبادئ المنطق؛ فكرة العدد؛ فكرة النظام؛ المتصل؛ الكمية؛ الهندسة.

6- *Dr .Ferdinand Gonseth, Les fondements des mathématiques : de la géométrie d'Euclide à la relativité générale, Reproduction de l'édition de1926 augmentée d'une préface de J. Hadamard, Paris, A. Blanchard; Logique et philosophie mathématiques, 1998; Librairie scientifique et technique A. Blanchard, Paris, 1926/1974.*

7- *Pierre Dugac, Richard Dedekind et les fondements des mathématiques.*

8- *L. Brunschvicg, préface de Jean-Toussaint Desanti, Les étapes de la philosophie mathématique, réimpression de l'édition de 1912, nouveau tirage, Paris, Alber Blanchard, 1972. Commémoration du cinquantenaire de la publication des étapes de la philosophie mathématique. Bulletin de la société française de philosophie, séance du 2 juin 1962. Interventions de j. wahl, j. Hyppolite, A. Koyrè, etc,... Paris, Vrin, 1963.*

9- *Ludwig Wittgenstein, ed. par G.E.M. Anscombe, Remarques sur les fondements des mathématiques, 1983. Ludwig Wittgenstein, Cours sur les fondements des mathématiques, 1995.*

10- *Poincare, Russell, Zermelo et Peano : textes de la discussion (1906-1912) sur les fondements, 1986.*

11- *Yvon Gauthier, Logique et fondements des mathématiques, 1997.*

12- *Jacqueline Lelong-Ferrand, Les fondements de la géométrie, 1985.*

13- *Paul Ver Eecke, Fondements du calcul différentiel, 1983.*

14- *Benacerraf, P., Putnam, H. (EDS), Philodsophy of mathematics : selected readings, with an introduction, Englewood, Cliffs (N.J.), Prentice-Hall, 1964.*

15- *Hilary Putnam, Qu'est-ce que le vérité mathématique?, in Hilary Putnam, What is mathematical truth?, in Mathematics, Matter and Method. Philosophical papers, vol. 1, 1975, Cambridge University Press, pp. 60-78. Repris dans : Tymoczko T. (ed.), New directions in the philosophy of mathematics, 1986, Birkhauser, pp. 49-65.*

16- *Intikka, J., (ED.), The philosophy of mathematics, Londres, Oxford University Press, 1969.*

17- *Barker, S. F., The philosophy of mathematics, Englewood Cliffs (N.J.), Prentice-Hall, 1964.*

18- *Axiomatique, Paris, Alcan, 1936.*

19- *David Hilbert, The foundations of mathematics, 1927.*

20- *Kurt Godel, The modern development of the foundations of mathematics in the light of philosophy, 1961, in Collected Works, Volume III (1961), publ. Oxford University Press, 1981.*

القواميس والموسوعات والدوريات العلمية الدولية

في تاريخ العلوم بعامة

1- *W. F. Bynum, E. J. Browne, Roy Porter, (ed.), Dictionary of the history of science, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, Macmillan Press, 1981.*

2- *Dominique Lecourt (dir.), Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences, Paris, PUF, 1999.*

3- *Revue d'histoire des sciences, Paris, PUF, Centre international de synthèse.*

القواميس والموسوعات في تاريخ الرياضيات بعامة :

1- Fritz Reinhardt et Heinrich Soeder, Atlas des mathématiques, La pocothèque-Le Livre de Poche, Collection Encyclopédies d'aujourd'hui, 1997.

2- Eric W. Weisstein, CRC Concise encyclopedia of mathematics, Ed. CRC Press Washington, D. C., 1998.

3- Stella Baruk, Dictionnaire des mathématiques élémentaires, : pédagogie, langue, méthode, exemples, étymologie, Ed. du Seuil, 1992.

4- Mathematics At A Glance/Kleine Enzyklopadie Der Mathematik/Petite Encyclopedie Des Mathématiques, Leipzig, Veb Bibliographisches Institut, 1975

5- Gunther Eisenreich Ralf Sube, Worterbuch Mathematik, englisch, deutsch, franzosisch, russisch, Verlag Harri Deutsch, Thun und frankfurt am Main, 1982.

6- Bertrand Hauchearne Adrian Shaw, Lexique bilingue du vocabulaire mathématique anglais-francais, francais-anglais, Paris, ellipses, 2000.

7- Bertrand Hauchecorne, Daniel Surreau, Des mathématiciens de A a Z, Paris, ellipses, 1996.

8- Dictionnaire des mathématiques, Paris, Albin Michel, 1997.

9- Alain Bouvier, Michel George, Francois Le Lionnais, Dictionnaire des mathématiques, Paris, PUF, 1996.

10- A. Bouvier et M. George, Dictionnaire des mathématiques, Paris, PUF, 1992.

11- Encyclopedia Universalis, Vol. 1, 2, 6, 10, Paris, Ed. Albin Michel.

12- Max Horten, Die Spekulative und positive Theologie des Islam, Georg Olms Hildesheim, 1967.

13- J. C. Poggendorff (ed.), Biographisch-literarisches Handworterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, Leipzig, 1863.

معاجم فى اللغة العربية

١- معجم الرياضيات، إنكليزى-عربي، مع مسرد ألفبائى بالألفاظ العربية يتضمن مصطلحات الرياضيات التقليدية والحديثة والميكانيكا والحاسبات الإلكترونية مشروحة شرحا دقيقا وافيا، إعداد لجنة من الخبراء بتكليف من لجنة الترجمة والتعريب الأردنية، وزارة التربية الأردنية (عمّان)، مكتبة لبنان، بيروت-لبنان، ١٩٩٨ .

٢- المعجم الموحد لمصطلحات الرياضيات والفلك (إنجليزي-فرنسي-عربي)، ٣، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس، ١٩٩٠ .

٣- أحمد شفيق الخطيب، معجم المصطلحات العلمية الفنية والهندسية، مؤسسة حواء، بيروت-لبنان، ١٩٩٧.

٤- محمد فارس، موسوعة علماء العرب والمسلمين، بيروت : المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ١٩٩٣م.

٥- موسوعة العلماء والمخترعين، إعداد د. إبراهيم بدران، د. محمد أسعد فارس، بيروت-لبنان، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ط١، ١٩٨٧ .

٦- د. حسين مؤنس، أطلس تاريخ الإسلام، القاهرة، الزهراء للإعلام العربي، ط١، ١٩٨٧م.

٧- معجم المصطلحات العلمية والفنية، عربي، فرنسي، إنجليزى، لاتيني، إعداد وتصنيف يوسف خياط، بيروت-لبنان، دار لسان العرب، من دون تاريخ.

فهرس المصطلحات

المصطلحات الجبرية والحسابية

أعداد طبيعية–ط – ℕ :

وهى الأعداد ١، ٢، ٣، ... وهى الأعداد الصحيحة الموجبة، تسمى أيضا الأعداد التامــة، والتامــة الموجبة، والأعداد الأصلية. والأعداد الأولية هى أعداد طبيعية خاصة، وكذلك الأعــداد التامــة أو المتحابة... (أنظر : بيانو). هى مجموع صغير من مجموع ℤ.

أعداد صحيحة–ص–ℤ :

هي٠،±١،±٢،±٣، ...2-1012- وهى مجموع صغير من مجموع ℚ.

أعداد نسبية أو منطقة –ن–ℚ : 0.333 0.5 0.2 1 0 0.1-

وهى الكسور أو الأعداد الكسرية، وهى أعداد بالإمكان كتابتها بالشكل أ ض ب حيث أ، ب عــددان صحيحان، ب – صفراً. ودل ريتشارد ديديكيند (١٨٣١–١٩١٦) على الأعــداد النــسبية بــالحرف الكبير ℝ وعلى الأعداد الحقيقية بالحرف القوطى ℜ، فى كتابه عن "المتصل والأعــداد الــصماء" (١٨٧٢)، واستعمل ريتشارد ديديكيند كذلك الحرف K للإشارة إلى الأعداد الصحيحة، والحــرف J للإشارة إلى الأعداد المركبة. واستعمل بيانو جيوزيبيه (١٨٥٨–١٩٣٢) فى عام ١٨٩٥ وفى كتابــه عن الرياضيات، الحرف N للأعداد الصحيحة الموجبــة، و n للأعــداد الــصحيحة، و$N0$ للأعــداد الصحيحة الموجبة والصفر، والحرف R للأعداد الحقيقية و$Q0$ للأعداد الحقيقية والصفر، وذلك كما أورد كاجورى فى كتابه سالف الذكر، ج٢، ص ٢٩٩ . واستعمل هيلموت هــاس (١٨٩٨–١٩٧٩) حرف Γ – فى اللغة اليونانية– للأعداد الصحيحة وحرف –فى اللغة اليونانية– الكبيــر P للأعــداد النسبية المنطقة، فى كتابه عن "الجبر الأعلى" (جزءان، برلين، ١٩٢٦). والتزم هيلموت هاس بهــذا الترميز فى كتبه اللاحقة فى نظرية العدد. ربما كان الحرفان الألمانيان فى اللفظين الألمانيين *ganze Zahl* أو العدد الصحيح، و*rationale Zahl* أو العدد النسبى المنطق، هما السبب فى اختيار هيلموت هاس لحرفى Γ وP اليونانيين. واستعمل أو توهاوبت $G0$ للأعداد الصحيحة وحرف P الكبير–فــى اللغة اليونانية– P للأعداد النسبية المنطقة، وذلك فى "مدخله إلى الجبر" (جزءان، ليبــزيج، ١٩٢٩). واستعمل بارتيل ليندرت فان دير وايردين (١٩٠٣–١٩٩٦) الحرف C للأعــداد الــصحيحة، و Γ للأعداد النسبية المنطقة، وذلك فى كتابه عن "الجبر الحديث" (برلين، ١٩٣٠)، ولكنه فــى طبعــات الكتاب نفسه اللاحقة، تحول إلى استخدام حرفى ℤ –الأعداد الــصحيحة– وℚ –الأعــداد النــسبية المنطقة–. ودل إدموند لانداو(١٨٧٧–١٩٣٨) على مجموعة الأعداد الصحيحة بكــسر *Fraktur* $\overline{Z}$ وذلك فى كتابه عن "أسس التحليل" (١٩٣٠، ص ٦٤)، ولا يبدو أنه قدم لرموز المجموعات النــسبية المنطقة، أو الحقيقية، أو الأعداد المركبة. ويعود استخدام الحرف Q للأعــداد النــسبية المنطقــة و Z

للأعداد الصحيحة إلى فريق الرياضيين نقولا بورباكى الفرنسيين الذين بدعوا بالاجتماع فى الثلاثينات من القرن العشرين، بهدف كتاب حساب موحد شامل للرياضيات كلها. وهما الحرفان اللذان يضاهيان اللفظين الألمانيين *Quotient* و*Zahlen*، وهما وردا فى الفصل الأول من كتاب نقولا بورباكى عن "الجبر". والأعداد $\mathbb{Q}$ هى مجموعة صغيرة من مجموعة $\mathbb{R}$.

أعداد صماء :

وهى أعداد غير نسبية وغير قياسية، والعدد النسبى هو ذلك العدد الذى لا يمكن كتابته على الشكل أ / ب، حيث أ ، ب عددان صحيحان، ب ≠ ٠ ، مثل *2, , e,* ، العدد الذهبيΦ وهو أحد الثوابت الرياضية .

أعداد حقيقية–ح–ℝ :

وهى مجموعة الأعداد المكونة من الأعداد النسبية والأعداد الغير النسبية، أوهى الأعداد الجبرية زائد الأعداد الخيالية. تشتق التسمية من *real* لدى ديدكين. وهى مجموعة صغيرة من $\mathbb{C}$.

أعداد مركبة ℂ :

$a+ib$ وهى تمثل الإحداثيين a وb لنقطة على سطح على محورى x وy، وa هى الجزء الحقيقى وb هى الجزء الخيالى من العدد المركب، ورمز i هو رمز الجذر الخيالى فى المعادلة $x^2+1=0$ أو تقال بعبارة أخرى $i=-1$ أو $i^2=-1$ ، وإذا $b=0$، فالعدد المركب يساوى a، وهو عدد حقيقي. وهى الأعداد المستخدمة فى الكهرباء، وفى الفيزياء النووية، وفى ديناميكا الطيران، ...

أس (أساس)، دليل القوة :

الأس أصل البناء، وهو الأصل مطلقاً، أس ج أسس وأسوس وأساس، والأس عبارة عن عدد يوضع فوق الجهة اليسرى لكمية ما ليدل على القوة التى رفعت إليها، فمثلا س^{٣} يدل على القوة الثالثة للكمية س، وأس القوة هو العدد ٣ .

أساس (أسس) :

وهو عنوان يدل على نقطة البداية لمجموعة من البيانات أو التعليمات. وفى الهندسة هو قاعدة الشكل الهندسى زو المجسم الهندسي، وهو الضلع أو الوجه الذى ينشأ عليه ارتفاع المجسم أو الشكل المستوي.

إبدالية :

هى خاصية إذا توافرت فى نظام رياضي، فإن ناتج تطبيقها على عنصرين مــن النظــام لا يتــأثر بتغيير ترتيب هذين العنصرين. فمثلا : عند جمع العددين ٢، ٧، فإن الناتج هو نفسه : سواء أخــذنا ٧+٢ أو٧+٢، أى أنّ أ + ب = ب + أ.

بنية جبرية :

بناء الشيء بضم بعضه إلى بعض، مقاييس اللغة، ج١، ص ٣٠٢، لسان العرب، ج ١٨، ص ١٠١، بناء ج أبنية (الخوارزمي، ٢٣)، بنية (المصطلحات العلمية، القاهرة، ١٩٦١، ص ٣٥).

توفيق مرتب، نسق، ترتيب :

مراتب العدد، وتسمى منازل.

توافيق (تآليف) :

وهى المجموعات الجزئية التى تختارها من مجموعة ما من دون اعتبــار لترتيــب عناصــر هــذه المجموعات، وكل مجموعة جزئية مختارة تسمى توفيقة. وقد عين ليونارد أويلــر (١٧٠٧-١٧٨٣) المعاملات ذات الحدين ب n بعد r ضمن الأقواس، واستعمل علامة الكسر الأفقية فى بحــث كتبــه عام ١٧٧٨، لكنه لم ينشر قبل ١٨٠٦ . استعمل أولير الأداة نفسه عدا الأقواس فى بحث فــى عــام ١٧٨١ ونشر فى عام ١٧٨٤، كما أورد كاجورى فى كتابه ســال الــذكر (ج٢، ص ٦٢). وظهــر الترميز الحديث، واستعمال الأقواس وهلامة الكسر، فى عام ١٨٢٦ فى كتاب "التحليــل التــوافيقي" لصاحبة الألمانى أندرياس فون إتنجسهاوس، وقد أورد كاجورى (ج٢، ص ٦٣) أن هذا الترميز قــد ظهر فى عام ١٨٢٧ فى كتاب أندرياس فون إتنجسهاوس عن "محاضرات فى الرياضــيات العليــا" (ج١).

تباديل (تراكيب) :

تنظيم مرتب لعناصر أو جزء من عناصر مجموعة ما، فجميع تباديل الحروف أ، ب، ح هــى : أ، ب، ح، أب، أح، بــــأ، ب ح، ح أ، ح ب، أ ب ح، أحـــــب، ب أ ح، ب ح أ، ح أ ب، ح ب أ. وبالإمكان إثبات أن تباديل ل من الأشياء مأخوذة كلها فى آن واحد هول!، كما بالإمكــان إثبــات أنّ تباديل ن من الأشياء مأخوذاً ر منها فى كل مرة هون/ (ن – ر) !

تجميعية :

خاصية التجميع أو الدمج هى خاصية أوصفة إذا توافرت فى العملية الثنائية * على مجموعة، فـإن النتيجة التالية (أ * ب) * ح = أ * (ب * ح) تكون صحيحة دائماً، ولجميع العناصر أ، ب، ح، التى تنتمى إلى المجموعة. ومن أمثلتها عملية الجمع العادية على الأعداد الصحيحة وعملية الضرب العادية على الأعداد الصحيحة، حـيث : (أ + ب) + ح = أ + (ب + ح) ، (أ · ب) · ح = أ · (ب · ح) أما عملية الطرح العـادية على الأعداد الصحيحة فهى ليست تجميعيـة، لأن أ − (ب − ح) − (أ = ب) − ح ، ونقول فى هذه الحال إن عملية الطرح على الأعداد الصحيحة ليست تجميعية.

تحليل إلى عوامل :

تنص النظرية الأساسية فى التحليل إلى العوامل على أن أى عدد صحيح بالإمكـان كتابتـه علـى صورة واحدة كحاصل ضرب مجموعة من قوى عوامله الأولية (بغض النظر عن الترتيب).

تقريب :

يحسب بحيث تكون الإجابة قريبة من الإجابة الصحيحة. فنقول مثلا إن الجذر التربيعـى التقريبـى للعدد ٣ هو على التوالى ١،٧ أو١،٧٣ أو ١، ٧٣٢، فهذه تقريبات متتالية للجذر التربيعى للعدد ٣ .

تناسب :

تساوى نسبتين، ويقال للأعداد أ، ب، ح، ء، إنها متناسبة، إذا كان أ / ب = ح / ء، ويسمى العـددان أ، ء، بطرفى النسبة، ويسمى العددان ب، ح، وسطى النسبة، والتناسب المتسلسل لكميات معطاة هو أن تكون نسبة الحد الأول فى هذه الكميات إلى الثانى مساوية نسبة الثانى إلى الثالث ومساوية نـسبة الثالث إلى الرابع، وهكذا، أو أن تشكل هذه الكميات متتالية هندسـية، فالأعـداد ١، ٢، ٤، ٨، ١٦، ٣٢، تكون تناسباً متسلسلاً، لأن: ١ / ٢ = ٢ / ٤ = ٤ / ٨ = ٨/ ١٦ = ١٦ / ٣٢

توافق الأعداد :

ورد الرمز المتوافق فى نظرية العدد فى طبعة عام ١٨٠١ من كتاب الرياضـى كـارل فريـدريش جاوس (١٧٧٧-١٨٥٥) عن "البحوث الحسابية". وفى كتابه عـن "البحـوث الحـسابية" (ليبـزيج، ١٨٠١)، المقالة ٢، مجموع الأعمال، ج١، جوتنجن، ١٨٦٣، ص ١٠، كما أورد كاجورى فى كتابه سالف الذكر، ج٢، ص ٣٥، ذكر فريدريش جاوس فى اللغة اللاتينية شرحا للرمز على النحو التالى:

Numerorum congruentian hoc signo ≡ , in posterum denotabimus, modulum ubi opus erit in clausulis adiungentes - 16 ≡ 9 (mod.5)− .-7≡ 15 (modo 11).

على أيّة حال، استعمل جاوس الرمز فى وقت مبكر جدا فى كتاباته الشخصية، وذلك كما أورد ريتشارد ل. فرانسيز، فى كتابه عن " جوهرة فى التاج : اكتشاف لقانون التبادل من الدرجة الثانية، الملاحظات التاريخية، الرياضيات خلال العصور، ليكسنجتن، كتلة، مجموعة الرياضيات ودارسيها، ١٩٩٢، ص ٨٢ .

ثابت أو متغير :

فى عبارة جبرية، فكما أعطى قيمة ما تحدد للعبارة الجبرية حالة خاصة من حالاتها المختلفة، فمثلا فى المعادلة ص = أ س + ب ؛ أ، ب وسيطان يحددان بقيمتين معينتين خطا مستقيما معينا، كما أنه فى المعادلة ص−١ / س−١ = م يكون م وسيطا كل قيمة يتخذها تحدد واحدا من عائلة المستقيمات التى ترمز إليها المعادلة.

ثنائية الحد :

عبارة تتكون من حدين مثل : ٢س + ٥ ص أو ٣ - (أ + ب)

ثلاثية الحد :

هى كثيرة حدود تتكون من ثلاثة حدود، مثل ٣ س^{٢} − س + ٧

جذر :

الجيم والذال والراء، أو الجيم والدال والراء إذا اجتمعت تدل على الأصل من كل شيء، والجذر أصل الحائط، قال الأصمعى إن : الجذر الأصل من كل شيء، وقال أبو عمرو إن : الجيم بكسرة، وقال الأصمعى إنها بفتحة. وبالإمكان أن نقرب بين لفظى جذر وجدر، وكلمة جذع، وهو أصل الشجرة، وجذل، وهو أصل كل شاخص مثبت رأسي، ومن الجذر الذى هو أصل الشجرة اشتق بالقياس جذر الكلمة، وجذر العدد الحسابي، وجذر العدد الجبري، وجذر ج جذور أو أجذار، و"الحساب يسمون الثلاثة جذرا والتسعة المجذور"، كما أورد ابن هيدور، والعدد المجذور هو العدد الصادر عن ضرب عدد فى مثله والمضروب فى نفسه يسمى جذراً.

حل :

(١) الإجراء المتبع لإيجاد نتيجة مطلوبة باستخدام بيانات معطاة وحقائق أو أساليب معروفة سابقا وعلاقات يلاحظها الباحث؛ (٢) النتيجة نفسها تسمى حلا. فمثلا يقال لجذر المعادلة حل كما أن حل المعادلة يشير إما إلى عملية إيجاد الجذر أو إلى الجذر نفسه.

حد، طرفٌ :

حدا الكسر هما بسطه ومقامه؛ (٢) الطرف أو الحد فى المتساوية (أو اللامتساوية) هو كل من الكميتين اللتين تفصل بينهما إشارة المساواة (أو التباين)؛ (٣) إذا كانت هناك عبارة رياضية بشكل المجموع الجبرى لعدد من الكميات فإن كل كمية من هذه الكميات تعتبر حداً. فمثلا كل من س ص ٢ . (س+ص) . ص−١ /س+١، ص حا س حدا فى العبارة: س ص ٢ − (س−ص) + ص−١/ س+١ + ص حا س.

حقل :

نظام رياضى ذو عمليتين (مجموعة من العناصر عرفت عليها عمليتان) يطلق على إحداهما اسم الجمع وعلى الأخرى اسم الضرب، وتتوافر فى هذا النظام الخواص التالية : (١) تكون المجموعة مع عملية الجمع زمرة تبديلية؛ (٢) تكون المجموعة (عدا الصفر) مع عملية الضرب زمرة تبديلية؛ (٣) تتوزع عملية الضرب على عملية الجمع.

دالة، تابع، اقتران، تطبيق :

المقابل التقليدى لكلمة *function* هو دالة أو تابع ولكن التصور الحديث لكلمة *function* ينفى عنها فكرة الدلالة أو التبعية، ويجعلها ترادف كلمة *mapping* ، وهى الاقتران أو الترابط. إن ربط كل عنصر من عناصر مجموعة ما مثل A −تسمى المجال− بعنصر واحد فقط من عناصر مجموعة أخرى مثل B −المجال المقابل−، هو اقتران من المجموعة A إلى المجموعة B، وللاقتران مكونات ثلاث : المجال، المجال المقابل، القاعدة وهى واسطة ربط أى عنصر من عناصر المجال بعنصر واحد فقط من عناصر المجال المقابل، فالاقتران ق : ق = { (س ، ص :) : A ⊃س، B ⊃ص، ص = ٣ س } . الذى مجاله مجموعة الأعداد الصحيحة Z، ومجاله المقابل مجموعة الأعداد الحقيقية R، ويربط كل عدد صحيح بثلاثة أمثاله يكتب على النحو التالى :ق : $R \leftarrow R$ حيث س ← ٣س ، $Z \in$ س والصورة س ← ٣ س ترمز إلى قاعدة الاقتران، وبالإمكان أن تكتب قاعدة الاقتران على النحو التالي: ق (س) = ٣ س .

وإذا ارتبط العنصر س من المجال بالعنصر ص من المجال المقابل باقتران ما ق فإننا نـسمى ص صورة س تحت هذا الاقتران أى أن ق (س) = ص. والمجموعة الجزئية من المجال المقابل التـى تتكون من جميع صور عناصر المجال تسمى مدى الاقتران، أى أن مدى الاقتران هـو مجموعـة جزئية من المجال المقابل للاقتران، وإذا كان مجال الاقتران ومجاله المقابل معروفين، فلـيس مـن الضرورى ذكرهما، ويكتفى هنا بذكر قاعدة الاقتران، مثلا : ص = ق (س) = ٣ س + ٥ . زُمْرَةٌ، آبلية، تبديلية : إذا حققت الزمرة قانون التبديل، قيل إنها زمرة آبلية أوتبديلية، أى إذا حقق النظـام الرياضى بالإضافة إلى الشروط الأربعة للزمرة شرط التبديل، قيل إنه زمرة تبديلية، وقانون التبديل أو خاصته هو: أ * ب = ب * أ لجميع العناصر أ، ب فى الزمرة.

صف، صفوف:

أصل واحد وهو استواء فى الشيء وتساو بين شيئين فى المقر.

عدد أولى :

هو العدد الذى ليس له من القواسم إلا نفسه، والعدد ١ مثل الأعداد ٢، ٣، ٥، ٧، ١١، ١٣، وعـادة ما يُستثنى العدد ١ من الأعداد الأولية.

عُشرى :

النظام العُشرى : مجلة المجمع اللغوي، القاهرة، ١٩٥٧، ٢٠٢ . قوة يسمى المقـدار ب م القـوة م للعدد ب

قضية، نظرية، دعوى :

تتضمن الكلمة النظرية، وبرهانها، كما قد تعنى أى حقيقة تقال صائبة كانت أو خاطئة.

قياس، مقياس، معيار :

مقياس اللوغاريتمات فى نظام معين لتعطى لوغاريتمات فى نظام آخر مقياس النظام الثانى بالنـسبة إلى النظام الأول، فمثلا اللوغاريتمات الاعتيادية (بالنسبة إلى اللوغاريتمات الطبيعية) هو:
لو هـ = *0,434294* ومقياس اللوغاريتمات الطبيعية (بالنسبة إلى اللوغاريتمات الاعتيادية) هو:
لو هـ = *2,302585=10*

متعددة حدود، ذات الحدود وهى اقتران معين بالقاعدة :

(ق) س = أن س ن + أ ن-١ س ن-١ + ...+ أ١ س + أ٠ حيث ، س أعداد حقيقية أو مركبة، ن عدد صحيح موجب، وإذا كان أن – ٠، فإن ذات الحدود تكون من الدرجة النونية، فمثلا س٣-٢ س + ١ هى ذات حدود من الرجة الثالثة.

مبرهنة، نظرية :

١) هى قضية تطرح للبرهان اعتمادا على فرضيات معينة؛ ٢) هى نتيجة عامة تمت برهنتها.
متجانسة وهو ما تكون جميع أجزائه من جنس واحد.
متطابقة هى جملة مكونة من طرفين تفصل بينهما علامة التطابق (≡) وتصح لجميع قيم المتغير (المتغيرات)-باستثناء الحالات التى يكون كل طرف فيها لا معنى له. وطرفاها متطابقان لا يختلفان إلا فى الشكل، فمثلا : (س + ص)٢≡ س٢ + ٢ س ص + ص٢ وغالبا ما تستعمل علامة المساواة= بدلا من علامة التطابق .

متغير عشوائى :

صار استعمال الحروف الكبيرة أو الصغيرة للدلالة على المتغير العشوائى للقيمة وكان الشكل *Pr (X = xj)* شائعا نحو العام ١٩٥٠، والعلامة واردة فى كتاب فيلير "مقدمة إلى نظرية الاحتمال".

مجموعة جزئية :

إذا كان كل عنصر فى المجموعة ب عنصراً فى المجموعة أ نقول إن ب مجموعة جزئية من أ ، فالمجموعة *[* ٣، ٧، ١٠*]* مجموعة جزئية من المجموعة *[*٣، ٥، ٧، ٩، ١٠*]* وتكون س مجموعة جزئية فعلا من المجموعة ص إذا كانت س مجموعة جزئية من ص، ووجد عنصر واحد على الأقل ينتمى إلى ص ولا ينتمى إلى س.

مساواة، تساوى :

وهى عبارة أو جملة (وغالبا ما تكون بصورة معادلة) تصف تساوى شيئين أو كميتين.

مضلع، كثير الأضلاع :

إذا كانت أ١، أ٢، ... ، أن نقاطا فى مستو واحد، ن > ٢، وإذا وصلنا من هذه النقط بالقطع المستقيمة أ١ أ٢، أ٢ أ٣، ... ، أن-١أن، أن أ١، فإن الشكل الناتج يسمى مضلعا أو كثير الأضلاع. ويطلق النقاط المذكورة اسم رؤوس المضلع، وعلى النقط المستقيمة اسم أضلاع المضلع، ويسمى

المضلع بعدد أضلاعه أو رؤوسه فيسمى مثلثا إذا كانت ذا ثلاثة أضلاع، ورباعيا، إذا كان ذا أربعة أضلاع، وهكذا، والمنطقة المحصورة الواقعة ضمن أضلاع المضلع تسمى داخل المضلع.

معادلة :

هى مساواة بين كميتين، أوهى جملة مفتوحة ذات متغير واحد أو أكثر مكونة من طرفين متساويين، وتتحقق لقيم محدودة العدد للمتغير أو المجهول. أما إذا تحققت لجميع القيم فتسمى عندئـذ مطابقـة. فمثلا : ٢ س + ٣ ص = ٥، هى معادلة تصح مثلا عندما س = ١، ص = ١، أما س٢ – ص٢ = (س – ص) (س + ص)، فتصح دائما، ولذا فهى متطابقة.

معامل، معاملات :

يستخدم هذا التصور فى الجبر الابتدائى للدلالة على الجزء العددى فى الحد الجبري. ويكتـب قبـل الرمز أو الرموز المستخدمة فى هذا الحد. فمثلا يعتبر العدد ٣ معاملا لكل مـن الحـدين ٣ س ، ٣ (س + ص). وبصورة عامة يستخدم هذا التصور للدلالة على حاصل ضرب جميع عوامل المقدار، عدا رمزا معينا حيث يعتبر حاصل الضرب هذا معاملا لذلك الرمز، ففى المقدار ٣ أ ص ع يعتبـر ٣ أ ص معاملا للرمز ع كما يعتبر ٣ أ ع معملا للرمز ص. وفى الجبر يستخدم هذا التصور فـى الغالب للدلالة على العوامل الثابتة فى المقدار حتى يميزها عن المتغيـرات. (الجبـر، ١، القـاهرة، ١٩٥٥، المصطلح العلمي، القاهرة، ١٩٦١، ص٣٥).

مقام الكسر، المخرج :

وهو المقدار الذى يكون تحت خط الكسر أو هو العنصر الثانى فى الكسر باعتبار هذا الكسر زوجـا مربعاً، ففى الكسر ٢ض٣ يكون ٣ هو المقام، وكذلك فى ٣ س / س٢ + س + ١ يكون س٢ + س + ١ مقاماً.

مقدمة، مأخوذة (مأخوذات)، نظرية (نظريات) تمهيدية :

وهى نظرية يبرهن عليها للتمهيد للبرهان على نظرية أخرى.

مصادرة، مسلمة :

وهى عبارة رياضية أولية نسلم بصحتها من دون برهان.

لازمة، نتيجة :

حقيقة تنتج فوراً وبسهولة من نظرية أو حقيقة أخرى.

الموضوعات الجبرية والحسابية

(أ)

آبل، نيلس-هنريك (١٨٠٢-١٨٢٩) :

عالم رياضي نرويجي حديث.

ابن البناء، أبو العباس أحمد بن محمد بن عثمان الازدى (١٢٥٦ – ١٣٢١) :

منذ القرن العاشر الميلادي، أعاد الرياضيون كتابة الجدول بزيادة عدد صفوفه وأعمدته حسب ما تقتضيه الحاجة فى الأبحاث الحسابية كبحث البغدادى وابن سينا وابن البنّاء والأموي، فضلاً عن تقدم ظاهر فى حساب قوى الأعداد الطبيعية الأولى. وبلغت هذه الحركة أوجها فى برهان ابن الهيثم لعبارة كان أسلافه أمثال القبيصى ومعاصروه كالبغدادى يعرفونها.

ابن ترك، عبد الحميد (٨٥٠ م) :

كان واحدا من الرياضيين الذين قرءوا وشرحوا على كتاب الخوارزمى فى الجبر والمقابلة، جنبا إلى جنب مع ثابت بن قرة، الصيداني، سنان بن الفتح، أبو كامل، أبو الوفا البوزجاني.

ابن جنيٍ، أبو الفتح عثمان (٣٣٠-٣٩٢ هـ) (٩٤٢-١٠٠٢م) :

كان من حذّاق أهل الأدب وانتهت إليه الريادة فى النحو والتصريف، صنف فى كليهما كتبا "كالخصائص" و"المنصف" و"سر الصناعة".

ابن خلدون، عبد الرحمن (ولى الدين) بن محمد بن محمد بن أبى بكر محمد بن الحسن بن محمد بن جابر بن محمد بن إبراهيم بن عبد الرحمن (١٣٣٢م- ١٤٠٦م) :

مؤرخ زاهر فى الحضارة العربية سطع عندما مالت شمسها إلى المغيب.

ابن سينا، أبوعلى الحسين ابن عبد الله (٣٧٥هـ / ٩٨٠م – ٤٢٨ هـ / ١٠٣٧م):

واسمه اللاتينى فى الغرب هو*AVICENNE*، وهو تشويه للأصل ابن سينا. وابن سينا من أصل إيراني. فقد غزا العرب إيران عام ٧١٢م. وكان عالماً مسلماً، وسياسياً، وفيلسوفاً، وطبيباً، ورياضياً. بحثه رشدى راشد فى إطار العلاقة بين الرياضيات والفلسفة، وفى سياق النظر فى

التوافيقية والميتافيزيقا لديه، ولدى نصير الدين الطوسى وإبراهيم الحلبي، وغيرهم من الرياضيين فى العربية.

ابن عبد الحامد، هارون :

أحد الموظفين الذين ارتبطوا بمضاعفة الإنشاءات أى الدواوين والنماذج المصغرة لهـا فـى نهايـة الخلافة الأموية، والذين رسموا النموذج المثالى لفئة "الكتاب".

ابن الليث، أبو الجود :

كان معاصرا للبيرونى وأسهم فى صياغة الترجمات الجبرية لمسائل من الدرجة الثالثة.

ابن معروف، تقى الدين : (ت عامى ٥٨٥١ - ٦٨٥١)

أجرى حساب الجداول العشرية لجيب وظل الزوايا. حتى القرن السـابع عـشر المـيلادي، ذكـر رياضيون أمثال اليزدى (المتوفى عام ٧٣٦١ تقريبًا) كتاب "مفتاح الحساب" والكسور العشرية كمـا عرض لها الكاشي.

ابن الهيثم، أبوعلى الحسن (البصرة، النصف الثانى من القرن العاشر–مصر، بعد ٥٤٣٢/ سبتمبر ١٠٤٠م) :

حث رشدى راشد فى الرياضيات التحليلية بين القرن التاسع الميلادى والقرن الحادى عشر الميلادى بوجه عام، وبحث فى إسهام ابن الهيثم فى دراسة القطوع المخروطية، العمليات الهندسية، الهندسـة العملية، التحويلات والمناهج الهندسية، فلسفة الرياضيات، والتحليل والتركيب، بوجه خاص.

أبو بكر الرازى (٨٦٤–٩٢٣م):

وهو طبيب وفيلسوف وكيميائي، وموسيقى وفلكي، وتصانيفه عديدة أنافت عن المائتيّ.

أبو كامل، بن أسلم بن محمد بن شجاع (٢٣٦–٣١٨ھ / ٨٥٠–٩٣٠م):

وشهرته "الحاسب المصري"، ويعرف باسم "أبى كامل المصري" أحيانا، وأيّضا "بشجاع بن أسـلم"، وهو رياضى اشتهر فى القرن الثالث الهجرى / التاسع الميلادي، وكان أحد الرياضيين الـذين مـا انفكوا منذ عهد الخوارزمى يستحوذون على النظام الحسابى الغيـر اليونـاني، ليطـوروا الحـساب الجبري، ونظرية المعادلات، والتحليل السيال، وذلك قبل ترجمة حساب ديوفنطس.

ابيان، ب :

رياضى سبق ستيفن إلى استعمال الكسور العشرية.

أرشميدس (٢٨٧ قبل الميلادي-٢١٢ قبل الميلاد) :

رياضى يونانى قديم، أسهم فى الحساب والهندسة، وطرح المسألة الهندسية التى تقبل الرجـوع إلـى المعادلة التكعيبية، ولكنه لم يصغ هذه المسألة صياغة جبرية. أنظر، فيما يتعلق بأرشـميدس، إلـى كتاب مارشل كلاجيت المرجعي، عن "أرشميدس فى العصور الوسـطى"، الجـزء الأول، التقليـد العربي-اللاتيني، مطبوعات جامعة فايكونسن، ميدسون، ١٩٦٤ .

اسحق بن حنين بن اسحق (٨٠٨ – ٨٧٣) :

يعتبر واحدا من الذين برزوا فى ميدان النقل فى مدرسة أبيه حنين بن اسـحق. ونقـل مـن اللغـة اليونانية والسريانية. وكان فيلسوفا وطبيباً، ورياضيا، وشاعرا، ومنجما. ومن تلك المصنفات التـى ورد ذكرها عند معظم من ترجم لاسحق بن حنين، نذكر ما يتعلق بالرياضيات، مثل "اختصار كتاب إقليدس". ومن مراجعه ومصادره : الفهرست، ص ٢٨٥-٢٨٦، ابن اصيبعة، عيون الأنبـاء، ج١، ص ٢٠٠، ج٢، ص١٦٧، ص ٢٧٩، القفطي، أخبار العلماء، ص ٥٧، ابن خلكان، وفيات الأعيان، ج١، ص ١٨٥، البيهقي، تاريخ كماء الإسلام، ص١٨، الصفدي، الوافى بالوفيات، ج٨، ص ٤١٠-٤١١، ابن العبري، تاريخ مختصر الدول، ص ٢٦٦، القاضى الرشيد، أبو الحسين أحمد بن الزبير، الذخائر والتحف، الكويت، ١٩٥٩، ص ٥٠-٥١ .

أفلوطين (٢٠٣-٢٦٢م):

وهو فيلسوف يونانى أسس للأفلاطونية الحديثة وآثاره تتألف من ستة مجموعات تحتوى على تـسعة كتب، ومنها جاء عنوانها "اينياد".

المأمون : عبد الله بن هارون الرشيد (١٧٠-٢١٨هـ/ ٧٨٦-٨٣٣م):

سابع الخلفاء العباسيين (حكم : ١٩٨-٢١٨هـ / ٨١٣-٨٣٣م)، عنى بالآداب والعلوم، وأنشأ بيـت الحكمة فى بغداد، فازدهرت فى عهده الترجمة والنقل، ناصر المعتزلة، وامتحن النـاس فـى خلـق القرآن، وهى ما سميت "بالمحنة".

الاحتمال :

طور الرمز إلى احتمال حدث على نمط $P(A)$ أو $Pr(A)$ تطـورا حـديثا نـسبياً. واسـتعمل أ. ن. كولموجوروف فى كتابه عن "التصور الأساس للاحتمال" (١٩٣٣)، الرمـز $P(A)$ ونبـع اسـتعمال الحروف الكبيرة للإشارة إلى الأحداث من نظرية المجموعات. واستعمل هـ. كرامر فى كتابه عـن "توزيعات الاحتمال والمتغير العشوائي" (١٩٣٧)، والذى كان الكتاب الحديث الأول على الاحتمـال

في اللغة الإنجليزية، استعمل هـ. كرامر، إذن، الرمز $P(A)$ وفي العام نفسه، أي عام ١٩٣٧، كتب ج. ف. وسبينسكاي، في كتابه عن "المقدمة إلى الاحتمال الرياضي"، كتب إذن كتابة بسيطة : (A). واستعمل ف. فيلير، في كتابه الرائد عن "المقدمة إلى نظرية الاحتمال وتطبيقاتها" (ج١، ١٩٥٠)، استعمل إذن الرمز : $Pr\{A\}$ و $P\{A\}$ في الطبعات اللاحقة من الكتاب نفسه.

الاحتمال الشرطي :

رمز كولموجوروف عام ١٩٣٣ إلى الاحتمال الشرطي أو إلى *die bedingte Wahrscheinlichkeit*، على النحو التالي : $PB\ (A)$ وأحال كرامر عام ١٩٣٧ إلى "الاحتمال النسبي" وكتب $PB\ (A)$. واستعمل ويسبينسكاى عام ١٩٣٧ مصطلح "الاحتمال النسبي" ورمز إليه بالرمز : (A,B). وأشاع فيلير الترميز بالعلامة العمودية $Pr\ \{A|B\}$ عام ١٩٥٠، وإن كان ه. جيفرى قد استعمله من قبل. وفى كتابه عن "الاستدلال العلمي" يرمز $P\ (p|q)$ إلى احتمال القضية p طبقا للمعطيات q. وأورد جيفرى أن كينز وجونسون، كاتبى كمبردج المبكرين، قد استعملا p/q، واستعمل جيفرى نفسه $P\ (p : q)$ والرمزان p و q مقتبسان من

Bertrand Russell, A. N. Whitehead, Principia mathematica, The principles of mathematics, , (1910-1913) 1972, London, Allen and Vnwirt, tenth impression, second edition, Cambridge University Press, 1903 (first edition); Einfuhrung in die mathematische Philosophie, Mit einer Einleitung von Michael Otte herausgegeben von johannes Lenherd und Michael Otte, Hamburg, Felix Meiner Verlag, 2002; James Feibleman, A Replay to Bertrand Russells Introduction to the Second Edition of The principles of mathematics.

والاحتمال الشرطي *CONDITIONAL PROBABILITY* هو احتمال وقوع حدث ما تحت ظروف معلومة تسمى الشرط، فعند رمى حجرى نرد يكون احتمال كون مجموعهما ٥ هو ٣٦/٤، لأن المجموع ٥ يأتى من الحوادث (٤،١) ، (٣، ٢) (٢ ، ٣) ، (٤ ، ١)، وأما احتمال كون المجموع ٥ إذا علم أن هذا المجموع عدد يقل عن ٧ فنحصل على هكذا : ل (المجموع = ٥ | ، المجموع < ٧).

= ل (المجموع <٧) / ل (المجموع = ٥ والمجموع < ٧)

= ل (٢، ٣، ٤، ٥، ٦) / ل (المجموع = ٥) = ٣٦ / ١٥ / ٣٦ / ٤

= ١٥ /٤

بشكل عام : ل (أ | ب) = ل (ب) / ل (أ و ب)

الاستدلال التراجعی :

لم يقصد رشدی راشد إنكار التجديد فی صياغة بليز بسكال بالمقارنـــة مـــع الاســـتعمالات الغيـــر المصاغة لـــ R_1 ، أو حتی الصياغات السابقة عليها ، كصياغة باشيه. هذه الجدة هی التی تؤســـس تأسيساً معاصراً لرؤية مبدأ بليز بسكال. ومع نقص الدقة فی صياغة مبدأ بليز بسكال، فهو يؤســـس لرؤية صور مبدأ الاستقراء الرياضی القديمة. فی ضوء صياغة مبدأ بليز بسكال لا بد من إدخال R_1 كاستدلال استقرائی رياضي، ويصبح الاستدلال التراجعی شكلا قديما من أشكال الاستقراء الرياضی التاريخية.

الاستدلال الرياضی :

بعد دراسة فرويدنتال ، كتب رياضيو ونقولا بورباكی فی مطلع عقد الستينيات من القرن العـــشرين يقول إن مبدأ الاستقراء الرياضی كان قد استخدمه ف. موروليكو للمرة الأولی فی القـــرن الـــسادس عشر الميلادي. ولم يتردد رابينوفيتش فی وصف استدلال ليفی بن جرسون بأنه استقرائی بـــالمعنی الرياضي. من جهة أخری، احتفظ آخرون – مع بعض الفروق كفرويدنتال وبلا تحفظ مثل م. هـــارا (*M.Hara*) بفضل بليز بسكال وحده فی تطبيق مبدأ الاستقراء الرياضي. والقاسم المشترك بين هـــذه المواقف جميعا هو إنها تحول دون فهم أسباب نشأة أشكال الاستدلال الرياضی الجديدة.

الاستقراء التاريخی :

يرد تصور العلم الأوروبی فی أعمال مؤرخی القرن الثامن عشر الميلادی وفلاسفته. فهـــو وســـيلة لتعريف الحداثة فی سياق جدال أيديولوجی امتدّ طوال القرن الثامن عشر الميلادي، فهو يمثل عاملاً بنائيًا لسرد تاريخی نقدي. ففی الجدال المتعلق بـــ "القدماء والمحدثين" أشار الدارسون ، فی تعريفهم للحداثة ، إلی ذلك العلم الذی جمع فيه بين الاستدلال بالقياس والتجربة. فهكذا نری بليز بسكال (*B. Pascal*) فی مقدمة "المقـــالـــة فـــــی الخـــلاء" ، ثـــم إلـــی حـــدّ مـــا ، نقـــولا مـــالبرانش (*N. Malebranche*) فی "البحث عن الحقيقة"، يحاولان، منذ بداية القرن السابع عشر الميلادی ، بيـــان تفوّق المحدثين، بالاستقراء التاريخي.

الاستقراء التام :

الفرق بين الاستقراء التام والاستقرار غير التام عند برنوللی سرعان ما تواري. فی تلك الحقبة كان العلماء لا يزالون بعيدين عن الفهم الحقيقی لضرورة الاستقراء الرياضي. فإن الرياضی الفرنـــسي، جاك برنوللی *Jacques Bernoulli* لم يفرق بل نقض علمية استخدام الاستقراء غير التام.

الإسكندرية :

أنظر : د. نجيب بلدى، التمهيد لتاريخ مدرسة الإسكندرية وفلسفتها، دار المعارف، القاهرة، ١٩٦٢؛ تاريخ الإسكندرية وحضاراتها منذ أقدم العصور، محمد عواد حسين، الإسكندرية، ١٩٦٣ .

الاشتقاق :

أدخل جوتفريد فيلهيلم ليبنيتز (١٦٤٦-١٧١٦) الرموز $dx, dy, dx/dy$ فى مخطوطـة بتـاريخ ١١ نوفمبر ١٦٧٥، وذلك كما أورد كاجورى فى كتابه (ج٢، ص ٢٠٤)، وأدخل يوسف لويس لاجرونج (١٧٣٦-١٨١٣)، الرمز $f'(x)$ للإشارة إلى المشتق الأول، ويشير $f''(x)$ إلى المشتق الثاني، وهكـذا دواليك، وفى عام ١٧٩٧، فى كتاب "نظرية الدالات التحليلية"، كشف يوسف لويس لاجرونج عن $f'x$ و $f''x$ ، وفى "الأعمال الكاملة"، ج١٠، حيث يفيد يوسف لويس لاجرونج أنها إعـادة طباعـة عـام ١٨٠٦، وفى صفحتيّ ١٥ و١٧، نكشف عن الأجزاء المطابقة المعطـاة فـى الـصورة التاليـة : $f(x),f'(x),f'(x),f''(x)'$ ، وذلك كما أورد كاجورى فى كتابه سالف الـذكر (ج٢، ص ٢٠٧). وأورد يوسف لويس لاجرونج فى العام ١٧٧٢ الرموز التالية : $u'du|dx$ و $du=u'dx$ وذلك "فى جنس جديد من الحساب يتصل بالتفاضل وتكامل الكميات المتغيرة"، فى "بحوث جديدة لأكاديمية العلوم الملكيـة والآداب الرفيعة فى برلين". وقدم لويس فرونسوا أنطوان أربو جاست (١٧٥٩-١٨٠٣)، "فى حساب الاشتقاقات وتطبيقاتها فى نظرية المتواليات وفى حساب التفاضـل"، استراسـبور، ٢٢، ص ٤٠٤، مطبعة لوفرو، الإخوة، سنة ١٨٠٠، وذلك كما أورد خوليو جونزاليس كابيل، وكما أورد كـاجورى فى كتابه سالف الذكر عن "تاريخ الرياضيات"، حيث أورد أن أربو جاست قدم ذلك الرمز، لكنه يبدو أنه لا يبين ذلك الرمز فى تاريخ الترميز الرياضي. واستعمل أربو جاست الحـرف D فـى العمـل نفسه، على أن هذا الرمز كان قد استعمله يوهان بيرنولي، كما أورد كاجورى فى كتابه سالف الذكر عن "تاريخ الرياضيات" (ج٢، ص ٢٠٩)، وأورد ماور، فى كتابه، (ص٩٧) أن بيرنولى قد استعمل الرمز فى إطار إجرائي.

الاشتقاق الجزئى :

استعمل أنتوين نقولا كاريتات حرف d مجعداً فـى عـام ١٧٧٠، وأورد المركيـز دوكوندورسـيه (١٧٤٣-١٧٩٤) فى "بحثه عن المعادلات ذات الفروق الجزئية"، والذى صدر فى "تاريخ الأكاديمية الملكية للعلوم"، ص ١٥١-١٧٨، عام ١٧٧٣، وفى ص ١٥٢، كتب كوندورسـيه بقـول، إن "فـى مواضع هذا البحث كله، إما يدل dz و az على اختلافين جزئيين ل z، حيث أن أحدهما يتعلق ب x

الإسطرلاب :

آلة فلكية لقياس ارتفاع الشمس والأجرام السماوية الأخرى.

الأعداد التامة :

العدد التام هو الذى يكون مجموع قواسمه الفعلية مساوياً له.

الأعداد المتحابة :

إذا ترابط عددان بحيث كان مجموع قواسم كل مهما التى هى أصغر منه، مساوياً للعدد الآخر، كان هذان العددان متحابين، فالعددان ٢٢٠، ٢٨٤، متحابان لأن قواسم العدد ٢٢٠ التى تقل عنه، هى ١، ٢، ٤، ٥، ١٠، ١١، ٢٠، ٢٢، ٤٤، ٥٥، ١١٠، ومجموعها ٢٨٤، كما أن قواسم العدد ٢٨٤ التى تقل عنه، هى ١، ٢، ٤، ٧١، ١٤٢، ومجموعها ٢٢٠ .

الأعداد الناقصة :

العدد الناقص هو العدد الذى يكون مجموع قواسمه أقل منه، فالعدد ١٠ عدد ناقص لأن قواسمه هى ١، ٢، ٥، ومجموعها ٨ .

التوقع :

يشير الحرف الكبير E إلى التوقع فى الكتاب-الأم "الخيار والفرصة" (ط٥) لصاحبه الرياضى ف. أ. وايتورث عام ١٩٠١، لكن لا الرمز ولا حساب التفاضل والتكامل استقرا فى الأدبيــات الإنجليزيــة العلمية حتى وقت قريب، وعلى سبيل المثال، استعمل ريتس فى كتابه عن "الإحصائيات الرياضــية" (١٩٢٧) الرمز E وعلق عليه قائلا إن القيمة المتوقعة للمتغير هو تصور كثيرا ما استعمله الكتــاب الأوروبيون القاريون المختلفين، أى أن E تشير إلى *Erwartung*، أو *Espérance*.

إقليدس (نحو٣٣٠ قبل الميلاد- نحو٢٧٥ قبل الميلاد) :

وهو أحد رياضيى الإسكندرية الأوائل اليونانيين القدماء، عاصر فجر القرن الثالث قبل ميلاد الــسيد المسيح، وذروة الرياضيات اليونانية القديمة، وهو صاحب "الأصول" (أصول الهندســة، الأركــان، كتاب إقليدس)، الذى جمع فيه المعارف الرياضية من أيام فيثاغورس إلى عصره، تلــك المعــارف التى تعلقت بالهندسة الميترية -عدا المخروطات-، ونظرية الأعداد. من مراجعه : الطوسى (نصير الدين)، "تحرير أصول الهندسة"، ابن جلجل، طبقات الأطباء والحكماء؛ أخبار الحكماء.

الابستومولوجيا :

فرع من فروع الفلسفة ينظر نظرة نقدية إلى تاريخ العلوم ومناهجها ونتائجها. وأحيانا ما يتداخل مع فرع نظرية المعرفة.

الاقليدسي (٩٥٢ م) :

أحمد بن إبراهيم أبو الحسن : اعتقد بعض المؤرخين المحدثين العرب والغربيين علـى الـسواء أن بإمكانهم تحديد موقع خاص للإقليدسى فى تاريخ الكسور العشرية. ونسبوا إلى الاقليدسـى اكتـشاف هذه الكسور. وأكدوا أنه استعملها "كونها كسورًا" وبأنه "قدّر أهمية التدوين العشري". قـدّر بعـض المؤرخين، إذن، أنهم قرءوا فى بحث الإقليدسى شرح الكسور العشرية وتطبيقهـا. ولقـد عـرض رشدى راشد لقاعدة الأظفار التى أسست لحل استخراج الجـذر التربيعـى والتكعيبـي. المـسألتان الأخريان اللتان حددهما رشدى راشد هما : ١ – تكرار زيادة – أو إنقاص – عدد معطى بمقـدار عُشره – قدر ما نشاء من المرّات ؛ ٢ – قسمة عدد مفرد عدة مرات إلى نـصفيه وكـذلك إجـراء العملية العكسية. لكن ليس هناك ما دل، فى منظور رشدى راشد، فى بحث الإقليدسى على الكـسور العشرية. وهو لم يقدم، حسب رشدى راشد، عرضا عاما يضاهى عرض السموأل. درس الاقليدسى مسألة زيادة عدد بمقدار عُشره خمس مرات. من هنا ظهر الوهم عن نشأة الكـسور العـشرية فـى الإقليدسي.

الألسنية، علم اللغة :

رأينا أن تعيين الحدود الخاصة بحقل الألسنية يفرض خياراً من بين مميزات اللغة، ولا يمكـن لهـذا الخيار، الذى يقوم عليه البناء النظرى كله، أن ينهض على أسس قبليـة. ولا بـد مـن استحـضار الأسباب والبداهات التى تؤسس للظن بأن مثل هذا الخيار هو خيار مناسب. وفى المقابل، فإن رأيـاً قاطعاً فى هذا الشأن هو أمر ممكن إذا قورن ما بين العديد من النظريات الألسنية، أخـذاً بالاعتبـار التطبيقات الممكنة والميادين الأخرى كميدان التحليل التوافيقى فى الرياضيات.

الأنثروبولوجيا :

يهدم رشدى راشد الرؤية الأنثروبولوجية –من اللغة اليونانية *ANTROPOS /LOGOS* ، وفى اللغة الفرنسية *ANTHROPOLOGIE*، وفى اللغة الألمانية *ANTHROPOLOGIE* وفى اللغة الإنجليزية *ANTHROPOLOGY* وفى اللغة الإيطالية *ANTHROPOLOGIA*، اللاهوتية/ المدرسية/ الحديثة، فى التأريخ للرياضيات العربية وفلسفتها. ذلك أن رشدى راشد يذكرنا بأن ذلك العهـد الـذى طـال

واعتبر الإنسان الغربى فيه نفسه مركزا لاهوتيا للكون قد انقضى. ومن هنا رفض التعارض الضدى أو الثنائية الضدية بين نوعين من الشعوب : نوع يزعم أن له مقدرة ومؤهلات خاصة للعلم ، ونوع لا علم له ولا مؤهلات طبيعية (ولم يسبق له قط أن ابتكر ابتكارا واحدا فى خدمة البشرية لأنه يتعذر عليه أن يستنبط أى شيء جديد). فهى ثنائيات تعيد صياغة الثنائيات التى مضى عهدها : الخير والشر، الصح والخطأ، الداخل والخارج، الإيجاب والسلب، القبيح والجميل، العمودى والأفقي. فباسم "علم" مزيف للطبيعة البشرية تشوه طبيعة الإنسان.

أوجتريد: وليم (١٥٧٤-٤٦٦٠):

وهو رياضى إنجليزى جدد الجبر والحساب فى كتابه "مفتاح الرياضيات"، أو " *Clavis mathematicae*" (لندن، ١٦٣١).

أويلر، ليونهارد (١٧٠٧-١٧٨٣):

وهو رياضى سويسرى بحث فى مجالات الرياضيات كافة.

ايتارد: جون مارك جاسبار :

مؤرخ فرنسى معاصر كشف عن "المقالات الحسابية لأقليدس".

ايراتوستين، غربال (نحو ٢٧٥ — نحو ١٩٥ قبل الميلاد :

هو اسم منهج البحث فى الأعداد الأولية الفردية أصغر من عدد تام طبيعى ن معطي. لذلك تكتب قائمة الأعداد الفردية كلها حتى ن. نشدد على ٣ ونشطب مضاعفاته كلها، ونشدد على أصغر الأعداد الغير المشطوب، وهنا ٥ ونشطب مضاعفاته كلها ونكرر الإجراء حتى الجزء التام من nأ، والأعداد الغير المشطوبة هى الأعداد الأولية الفردية n. والأعداد الأولية الأصغر من ١٢٠ نحصل عليها من خلال منهج ايراتوستين :

− 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39

41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 65 67 69 71 73 75 77 79

81 83 85 87 89 89 91 93 95 97 99 101 103 105 107 107 109 111

113 115 117 119

والأعداد الأولية *120*> هى إذن :

2,3,5,7,11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47,53,59,61,67,71,73,79,83,89,97,101,103,107,109,113.

وفى مذكرات كمال الدين الفارسى التى أورد رشدى راشد نصها فى بحثه "فى أدوات من أجل تاريخ الأعداد المتحابة"، لا يقتصر الفارسى على حساب زوج بيار فرما لكنه يعلل حساب زوج بيار فرمـا تعليلاً تاماً. إنه يبدأ ب $n = 4$ إذن $p3 = 23$، $p4 = 47$، $p5 = 1151$، ويبين بعد ذلك مـن خـلال قضايا عدة من بينها جربال ايراتوستين، أن ١١٥١ هو أولي.

إيتوسيوس :

حل المعادلة التكعيبية من نوع: $x3 - cx + a2\,b = 0$

(ب)

بابوس (القرن الرابع الميلادي) :

رياضى يونانى متأخر، والفترة التى عاش فيها مجهولة، والأرجح أنه ازدهر فى أواخر القرن الثالث الميلادي، والنصف الأول من القرن الرابع الميلادي، وهو معروف بموسوعة الكتب فى المجة منوعات الرياضية.

البَتّاني (٨٥٨ – ٩٢٩ م):

أبو عبد الله محمد بن سنان بن جابر الحرانى الفلكى (٢٣٥-٣١٧هـ / ٨٥٠-٩٢٩م)، رياضى وفلكى اشتهر فى القرن الرابع الهجرى / الـ ر الميلادي، وعرف بلقب "بطليموس". ولد ببتان، بضواحى حران، حيث تجمعت طائفة الطابئة، ثم استقر أبو عبد الله ببغداد، وبها أجرى عددا من الأرصاد الفلكية. المصادر والمراجع : دائرة المعارف الإسلامية، ط٢، ج١، ص ١١٣٧، نلينو، صاعد الأندلسي، كتاب طبقات الأمم، بركلمان، ج١، ٢٢٢، ملحق ١، ٣٩٧، ابن خلكان، ج٢، ص١٠٥، ابن النديم، الفهرست، ٣٨٩، القفطي، تاريخ الحكماء، ٢٨٠، أبو الفداء، ج٢، ٧٩، حجى خليفة، كشف الظنون، ٩٧٠، ١٥٩٤، كحالة، ج٩، ١٤٤، هوفر، تاريخ الرياضيات، باريس، ١٨٧٤، ٢٩٤، الفهرست، ٢٧٩ .

بخارى:

مدينة إسلامية تقع فى غرب جمهورية أوزبكستان فى آسيا الوسطى الإسلامية، وتعد من أشهر مدن إقليم ما وراء النهر فى بلاد التركستان على مر العصور. واسم بخارى مشتق من كلمة بخار المغولية التى تعنى العلم الكثير، وسميت بهذا الاسم لوجود كثير من العلماء فيها. وهناك أسماء عدة لمدينة بخارى : أرض النحاس، ومدينة التجار، وبخارى الشريفة، وبخارى العظيمة.

بسكال، بليز (١٦٢٣-١٦٦٢):

وهو رياضى فرنسى صاحب "محاولة فى المخروطات" (١٦٤٠)، و"رسالة فى المثلث الحسابي" (١٦٥٣).

باشيولي، لوقا (١٤٤٥-١٥١٧):

وهو راهب ورياضى إيطالى، بحث فى الحساب وحلول المعادلات.

باكوك، جورج (١٧٩١-١٨٥٨):

وهو قس ورياضى إنجليزي، صاحب المعالجة المنطقية للجبر.

بيكون، فرانسيس (١٥٦١ – ١٦٢٦) :

هو رائد النزعة الوضعية التجريبية فى العصور الحديثة.

البحث التجريبى :

تعددت الطرائق التجريبية فى الفترة العربية واستعملت الطرائق استعمالا منسقا. وتشهد على ذلك تصانيف علماء النبات ومعاجم اللغويين، والتجارب التى كلن يجريها الأطباء وعلماء الكيمياء، والمشاهدات العيادية والتشخيص المقارن الذى كان الأطباء يقومون به.. ولكن هذا التصور للتجريب لم يكتسب البعد المحدد، إلا بعد ما قامت علاقات جديدة بين الرياضيات والطبيعيات.

برانشفيج، ليون (١٨٦٩-١٩٤٤) :

ألمع وأنبه من تابعوا النزعة العقلية النقدية فى فرنسا فى النصف الأول من القرن العشرين.

برنوللي، جاك (١٦٥٤-١٧٠٥):

(نظرية فى الاحتمالات) : وهى حالة خاصة من نظرية النهاية المركزية عندما يكون المتغير ذا قيمتين نسميهما النجاح والفشل بحيث يكون احتمال النجاح ل واحتمال الفشل ١ – ل.

بروسيوس، ج :

رياضى من القرن السابع عشر الميلادي.

برقليس (٤١٢م-٤٨٥م):

وهو فيلسوف يونانى درس فى الإسكندرية وأثينا ثم أدار الأكاديمية التى أسسها أفلاطون، وفسر بطلميوس، وكتابا فى التنجيم، وآخر فى الفلك، والمقالة الأولى من كتاب "الأصول" لإقليدس.

البغدادي: أبو منصور عبد القاهر (ت ١٠٣٧م):

وهو صاحب "التكملة فى الحساب"، حيث بحث فى استخراج الجذر التربيعى للعدد ٥ .

البناءات الجبرية :

إن موضوع الجبر بالمعنى الحديث، هو دراسة البناءات الجبرية، بصرف النظر عن تطبيقات البناءات العملية.

بنوموسى (١٢٠٨) بنوموسى الحسن (١٣٣)، بنوموسى احمد (٦١)، بنوموسى جعفر (١٦١)، من مراجعهم :

وفيات الأعيان، ج٥، ١٦١، ابن النديم، الفهرست، ١٢٦-١٢٧، ٢٧١، ابن العبري، تاريخ مختصر الدول، ٢٧٩-٢٨١، طبقات الأمم، ٧٣، القفطي، تاريخ الحكماء، ٣١٥-٣١٦ .

بوب، فرانز (١٧٩١-١٨٦٧) :

ولد بوب فى مدينةماينز فى ألمانيا وتلقى علومه على يد الفيلسوف فندشمان ثم قدم إلى باريس بين عامى ١٨١٢-١٨١٦، واستمع إلى محاضـ المستشرق سلفستر دوساسي، وتعلم الفارسية والعربية والعبرية والسنسكريتية على يد شيزى الأستاذ بالكوليج دوفرونس منذ عام ١٨١٤ . وفى باريس أنشأ بوب مذكراته "فى نظام تصريف اللغة السنسكريتية ومقارنته بالأنظمة الصرفية المعروفة فى اللغات اليونانية واللاتينية والفارسية والجرمانية" (فرانكفورت، عام ١٨١٦)، فكان بوب مؤسس القواعد المقارنة.

بورباكي ، نقولا :

نقولا ، وهو ليس رياضيا إنما هو اسم مجموعة من الرياضيين الفرنسيين المعاصرين، أسسها ، عام ١٩٣٥، الرياضى هنرى كارتان، والرياضى كلود شوفالييه، والرياضى جون دلسارت، والرياضى جون ديودونيه والرياضى أندريه فيل، وكانوا جميعا طلبة بالمدرسة العليا للمعلمين. وشارك فى المجموعة نفسها الرياضيون أمثال لوران شفارتز، وألكسندر جروتنديك، وجون بيار سير، وغيرهم من الرياضيين المعاصرين. وكانت المجموعة تهدف إلى تحسين تعليم التحليل وإحياء الرياضيات كما نهضت فى ألمانيا، على يدى دافيد هلبرت *David Hilbert*. وتأثرت المجموعة كذلك بفكر الرياضى الفرنسى هنرى بوانكاريه. من هنا كانت مجموعة "بورباكي" مجددة. فقد استندت المجموعة على نظرية المجموعات فى صياغتها الشكلية "لوحدة الرياضيات". فنظرية المجموعات تقدم مستودعا "للأشكال" التى هى "بنى رياضية" ومفتاح معمار بورباكى الرياضي. وليس من شك أن رشدى رشد كان ممن تعلموا فى هذه المدرسة، وأفادوا من موسوعة "أصول الرياضيات" (أكثر من ٧٠٠٠ صفحة)، وبخاصة فيما يتعلق بالمنهج البنيوي. وتنقسم "أصول" بورباكى إلى الأقسام

التالية : الكتاب الأول : نظرية المجموعات، الكتاب الثانى : الجبر، الكتاب الثالـث : الطوبولوجيـا العامة، الكتاب الرابع : دالات المتغير الصحيح، الكتاب الخامس : الفضاءات المتجهية الطوبولوجية، الكتاب السادس : التكامل، الكتاب السابع : الجبر التبادلي، الكتـاب الثـامن : منوعـات تفاضـلية وتحليلية. لكن رشدى راشد اختلف مع المجموعة من جهة "أصول تاريخ الرياضيات" (١٩٦٩)، كما اختلف معها من جهة إغفال المجموعة للرياضيات التطبيقية بما فى ذلك بعض مجالات الاحتمـال. واختلف أخيراً مع نظرية "وحدة الرياضيات"، لصالح نظرية تنوع الرياضيات فى تاريخ الرياضيات.

البوزجاني (٣٢٨ – ٣٧٦ هـ – ٩٤٠ – ٩٨٦ م) :

أبو الوفا محمد بن محمد بن يحيى بن إسماعيل بن العباس ، وهو رياضى وفلكى اشتهر فى القـرن الرابع الهجرى / العاشر الميلادي. ولد ببوزجان، من كورنيسابور، سنة ٣٢٣هـــ/٩٣٤م، وإليهـا ينسب وتوفى ببغداد سنة ٩٩٨/٣٨٨ . له إسهام فى العلوم العددية، والحساب، والمجسطي، وتفـسير كتاب ديوفنطس فى الجبر والمقابلة. بعض المصادر والمراجع : دائرة المعـارف الإسـلامية، ط٢، ج١، ص١٦٣، مقال لسوتر، هوفر، تاريخ الفلك، باريس، ١٨٧٣، ٢٦٤، هوفر، تاريخ الرياضيات، باريس، ١٨٧٣، ص ٢٩٥، ابن النديم، الفهرسـت، ص ٣٩٤، ابـن القفطـي، تـاريخ الحكمـاء، ص٢٨٧.

بوجندورف (١٧٩٦ – ١٨٧٧):

يوهان كرستيان ، وهو عالم الفيزياء الألمانى والمؤرخ لها.

بونفيس :

لقد كان من المألوف أن ينظر المؤرخون إلى الديسم (*La disme*) التى كتبها س. سـتيفن *S. Stevin* بوصفها عرضا أوليا للكسور العشرية. ولدى وصول المؤرخـين إلى معرفة أسلاف س. ستيفن *S. Stevin* من علماء الرياضيات الغربيين، أصابهم بعض الارتباك. لكنهم لم يضعوا أسبقية الرياضـى الفلمنكى س. ستيفن *S. Stevin* موضع التساؤل. كانت معرفة رودولف (*Ch. Rudolff*) وأبيان (*P. Apian*) وغيرهما من الرياضيين بالكسور العشرية مجتزأة وناقصة . فى حين عرض س. سـتيفن *S. Stevin* بوجه خاص لمسألة الكسور العشرية، فقد درس رودولـف (*Ch. Rudolff*) وأبيـان (*P. Apian*) وغيرهما من الرياضيين الكسور العشرية من خلال مسائلهم الخاصة. ففـى عـام ١٩٣٦ كشف س. جاندز (*S. Gandz*) وج. سارتون (*G. Sarton*) عن نص لبـونفيس (*Bonfils*) (*1350*) وزعزعت شروحات س. جاندز *S. Gandz* ذلك التقليد أو ذلك الاعتقاد الـسائد بأسـبقية بـونفيس *Bonfils* فى ابتكار الكسور العشرية. ولأن نص لبونفيس *Bonfils* مثل مشروعا غامضا لـصياغة

نظرية الكسور العشرية، فقد تصاعد القول بأنه لم تقم قبل س. ستيفن *S. Stevin* أيّـة محاولـة فـى المستوى الذى وصل إليه س. ستيفن *S. Stevin*.

بيانو، جيوزيبى (١٨٥٨–١٩٣٢):

وهو رياضى إيطالى تميز بمحاولته بناء نظام رياضى صورى دقيق.

بيرس، ش. س. (١٨٣٩ – ١٩١٤):

فيلسوف أمريكى حديث، صاحب "بنية النظريات" (١٨٩١)، الذى أورد فيه أنه حين يـدرس عـالم الطبيعة الحديث أعمال جاليليو، فإنه يدهش من ضآلة الحيز الذى تحتله الخبرة فـى إقامـة أسـس الميكانيكا، وأن جاليليو يلجأ، فى المقام الأول، إلى الحس المشترك، وإلـى النـور الطبيعـى أو *IL LUME NATURALE*، وأن جاليليو يفترض دوماً أن النظرية الحقيقية هى النظرية الأكثر بـساطة، والأكثر طبيعية. (ش. س. بيرس، معمار النظريات، ١٨٩١، فى كتابات مختارة، ص ١٤٥–١٤٦).

بيرنسيد، وليم :

وهو رياضى ومؤرخ نظرية المعادلات.

البيروني (٣٦٢ هـ – ٤٤٠ هـ – ٩٧٣ م – ١٠٥٠ م):

أبو الريحان محمد بن أحمد الخوارزمى ، رياضى وفلكى ولد فى مدينة كاث، من ضواحى خوارزم. بعض المصادر والمراجع : معجم الأدباء، ٦، ٣٠٨، عيون الأنبـاء، ٢، ٢٠، بغيـة الوعـاه، ٢٠، روضات الجنات، ١، ٦٨ و٤، ١٧٩، ابن العبري، ٤٣٢، بروكلمان، ج١، ٤٧٥، دائرة المعـارف الإسلامية، ط٢، ج١، ص ٢٧٢، فصل "البيروني"، بقلم جاك بوالو، سـوتر، ٢١٨، كـراوس، ص ٤٧٢–٤٧٩ . من أعماله المهمة " القانون المسعودي، الآثار الباقية عن القرون الخالية، تاريخ الهند.

(ت)

تانرى، بول (١٨٤٣ – ١٩٠٤) :

مؤرخ العلوم الفرنسى ، صاحب كتاب "الهندسة الإغريقية" (١٩٨٨)، وحقــق أعمــال ديــوفنطس، وشارك فى تحقيق أعمال فرما، وأعمال رنيه ديكارت، وجمعت مقالاته المتعددة فى ستة عشر جزءاً تحت عنوان "مذكرات علمية". قال إن الجبر العربى لم يتجاوز بشكل من الأشكال، المستوى الــذى بلغه ديوفنطس، وقد راجع رشدى راشد هذه المدرسة ودحضها.

التحليل التوافيقي:

وهو التحليلى الذى يعنى بدراسة طرق الاختيار سواء أكان ذلك بأخذ الترتيب بعين الاعتبار أم مــن دون ترتيب.

التحليل الديوفنطى :

ظهر كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى فى القرن التاسع الميلادى بأشكال مختلفة. وأســهم كتــاب "المسائل العددية" لديوفنطسى فى القرن التاسع الميلادى فى تطوير الرياضيات فــى القــرن التاســع الميلادى :

١– أسس كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى تأسيساً أولياً لتوسيع الجبر العربى من دون العودة إلى التحليل الديوفنطس القديم؛

٢– اتجه كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى نحو أبحاث جديدة فى التحليــل الديوفنطــسى الحــديث بالمعنى الذى صاغه باشيه دومزيرياك وبيار فِرما فى القرن السابع عشر الميلادي.

فالأبحاث التى ولدتها قراءة ديوفنطس هى من أعمال الرياضيين الذين وضعوا أنفسهم خارج الجبر. وأثروا أسلوبًا مختلفًا عن أسلوب "المسائل العددية" لديوفنطس. وسلم أغلب مؤرخى الرياضيات بــأن كتاب المسائل العددية يمثل إرثًا من المسائل العددية المكافئة فى معظمها لمعادلات (أو لــنظم مــن المعادلات) غير محددة مندرجة <9 وذات مجهولين أو أكثر ولا تحتوى إلا علــى مقــادير نــسبية (منطقة). وحلول هذه المعادلات لا بد لها أن تكون أعدادًا نسبية موجبة وأعدادًا صحيحة إذا أمكــن، لكن لم تصغ أيّة شروط حول النقطة. إن المسائل العددية لم تقارب إلا أعدادًا نسبية موجبة. ولم تشر فى أيّة لحظة إلى الأعداد الجبرية الصماء بذاتها ولا إلى معيار لمعرفة إن كان العدد نسبيًا (منطّقــا)

أو أصمًا بوجه عام. وإذا درس ديوفنطس شروط معرفة إن كانت الأعداد نسبية أم لا ، فمـن أجـل البحث عن حل نسبى موجب وحسب.

التحليل العددى :

دراسة وتطبيق الطرق الخاصة بإيجاد حلول عددية للمسائل العملية فى حقـول الهندسـة والعلـوم الإدارية.

التدوين :

بعد أن عرض السموأل للكسور العشرية واجه مسألة الكتابة الرمزية لهذه الكسور وعالجها بالتـالى بطريقة غير مباشرة ، وقد توافق حل هذه المسألة كما أشار رشدى راشـد، مـع ابتكـار الكـسور العشرية. لكن هذا التدوين ، رمزيًا كان أم كلاميًا، كان يقضى بالاستجابة لتحديين:

١- إمكان التمثيل العشرى المحدود أو غير المحدود لأى عدد حقيقى معروف ؛

٢- يتعلق دمج مجموعة الكسور العشرية بتطبيق مختلف عن التطبيق الحرفي.

التدوين الجبرى :

شرط إمكان التدوين هو الاختبار فى الكسور العشرية تبعا لنظام التدوين فى الجبر. لم يدّع رشـدى راشد دراسة التدوين الجبرى فى عصر السموأل ، إنما ذكر بأن أداة التعبير عن الجبر كانت الكـلام بصورة أساسية. لكن حلت محل غياب التدوين الرمزى جزئيًا "طريقة الجداول". ومبدأ ذلك بـسيط ، إذ تدون كلاميًا فى سطر أول ، مختلف القوى xn ، حيث $n \in Z$، وتكتب المعاملات على سطر ثان تحت الأول فيما يتعلق بكل عملية ، وتقعد مجموعة قواعد تؤسس لإضافة سطور إضافية وإزاحتها.

التدوين الرمزى :

أداة التعبير فى الجبر فى اللغة العربية فى الفترة الكلاسيكية، كانت الكلام بصورة أساسـية. وكـان التدوين الرمزى غائباً.

التدوين العشرى :

توصل السموأل إلى جدول الكسور العشرية ، واعتمد الكتابة المستعملة فى حالة كثيـرات الحـدود بالمعنى العريض ، وحصل على تمثيل عشرى لأى عدد جبرى ، واستطاع أن يطبـق علـى هـذه التمثيلات العمليات المعدة سابقًا لكثيرات الحدود بالمعنى العريض للحصول مرة واحدة على قواعـد حساب الكسور. من هنا كان ابتكار هذا الجبر ضروريًا للتعبير العام عن الكسور العشرية.

ترتاجليا نيقولا فونتانا (١٤٩٩-١٥٥٧):

وهو رياضى إيطالى أسهم فى حل المعادلات التكعيبية من النوع : $x3 + px = q$

تروبفيك، جوهان :

مؤرخ الرياضيات المعاصر

التقريب :

نتيجة غير مضبوطة ولها درجة معينة من الدقة أوهى طريقة لإيجاد هذه النتيجة.

التقليد الحسابى :

هو أحد التقليديين الاثنين اللذين ارتبطا بالجبر، والصناعة العلمية، كمـا كـان يقـول الرياضـيون والمفهرسون العرب.

التنوخي، أبوعلى المحسن :

لغوى عاش فى القرن الثالث عشر الميلادي، بحسب عمر رضا كحالة.

تيتلر، ج. :

كان تيتلر قد نوه بأهمية الكاشى في تاريخ مسألة المعادلات العددية، قبل هنكل بنـصف قـرن مـن الزمان تقريباً. وكان اكتشاف سيديللوويبكه قد ألقى ظلا من الشك حول الرواية التقليدية لتاريخ مسألة المعادلات العددية. ومع ذلك كان هذا الشك، بالنسبة إلى رشدى راشد، ضمنيًا، لأن النص الخـاص بالرياضى شلبى (*Shalabi*) لا يحوى تحليلاً منهجيًا لمسألة المعادلات العددية، بل يحـوى الـنص الخاص بالرياضى شلبى (*Shalabi*) لا يحوى تحليلاً لحالة خاصة عن حساب القيمة التقريبية لجيب ١° (*sin1°*) ربما لهذا السبب مرّت أبحاث سيديللو وويبكه مر الكرام، فى تاريخ الرياضيات. لكـن يذكر شلبى الكاشى كأستاذه الجبرى من القرن الخامس عشر الميلادي.



ثابت بن قرة، بن مروان بن ثابت بن كرايا بن إبراهيم بن كرايا بن مارنيوس بن سلاما مويوس (ت٩٠١م):

وكان صيرفيا بحران، استصحبه محمد بن موسى بن شاكر، لما انصرف من بلاد الروم، لأنه رآه فصيحا، فوصله بالخليفة المعتضد، وأدخله فى جملة المنجمين. واصل رئاسة الصابئة فى هذه البلاد وبحضرة الخلفاء ثابت بن قرة، وكان الحسابى الفيلسوف الحراني، رياضيا، ومهندساً، ومنجماً، وطبيبا، وطبيعيا، وفلكيا، وموسيقيا، ومنطقيا، ومترجما، من النقلة المشاهير فى القرن الثالث الهجري. وكما كان حنين بن اسحق رئيس النقلة النساطرة، هكذا كان ثابت بن قرة رئيس جماعة أخرى من صابئة حران الوثنيين. وكان هؤلاء الصابئة من عبده النجوم، ومن هنا كان لهم رغبة من عهد بعيد فى الرياضيات والفلك. وكانت مدينتهم حران فى عهد المتوكل مقر مدرسة الفلسفة والطب التى كانت من قبل فى الإسكندرية، وانتقلت إلى أنطاكية، فى هذا الوسط نشأ ثابت بن قرة وتلاميذه. وإلى هؤلاء ينسب الفضل فى نقل قسم كبير من كتب اليونان الرياضية والفلكية. ولقد تولى أعمال ثابت من بعده ابنه سنان وحفيداه ثابت وإبراهيم. وكان معاصرا ليعقوب الكندى وقسطا بن لوقا. له "الذخيرة فى علم الطب"، ومن أهم الترجمات التى أنجزها بن قرة إلى اللغة العربية "المقالات الثلاث الأواخر من كتاب المخروطات لأبولونيوس، وكتاب المجسطى لبطليموس، وكتاب الأصول فى الهندسة لاقليدس. من مراجعه : ابن النديم، الفهرست، ص ٢٧٢، ابن خلكان (ت ٦٨١هـ/١٢٨٢م)، ١، ١٢٤، ٣١٣-٣١٥، عيون الأنباء، ١، ٢١٥، ٢١٧، ٢، ١٩٣-١٩٤، ابن العبري، ٢٦٥، القفطي، تاريخ الحكماء، ص ٨٤، ١٢٠، ١٢٢، ١١٦، ٢٤٦، الشهر ستاني، الملل والنحل، ج٣، ص ٢١، ٣، ٤٣، السبكي، طبقات الشافعية، ج٣، ص ٢٧، صاعد الأندلسي، طبقات الأمم، ص ٤٧، ٤٨، فيليب حتى، تاريخ العرب، ج٢، ص ٣٨٩-٣٩٠ .

الثورة الديكارتية :

ثورة رنيه ديكارت فى القرن السابع عشر فى الرياضيات.

(ج)

جاليليو، جاليلى (١٥٦٤-١٦٤٢):

وهو فيزيائى إيطالى صاحب اكتشاف حركة البندول، وافتراض سقوط الأجسام كحركـة متسارعة منتظمة.

الجبر العربى :

هو جنس من العظمة والعلو والاستقامة، ومنه أيضا الإصلاح كإصلاح العظم المكسور، وفى اللغة اللاتينية *restaurare* أى الإرجاع والإعادة ومنه الإصلاح، وأورد إخوان الصفا عبارة "جبر عددا جبرا"، والقلصادى "جبر كسرا أو معادلة وإن كان المفروض فى المسألة كسر من مال فاجبره إلى مال واجبر الجذور والأعداد بتلك النسبة"، وابن البناء "الجبر هو الإصلاح والمراد من الجبر معرفة ما يضرب من عدد ما فيأتى منه المطلوب، ولا يكون الجبر إلا من القليل إلى الكثير"، والجبر هو تكميل جزء معلوم ليساوى معلوما"، وفى هذا التصور يتبع الفعل جبر بحتى مثاله : اجبر *3/4* حتى *7/6*، ولذلك يكفى أن تضرب ٣/٤ فى ٦/٧، والجبر فى الاصطلاح إزالة حرف الاستثناء ورده فى المعادل من الجهة الأخرى، كما أورد القلصادي، وإن كان فى المسقط استثناء جبرته به وزدت مثل ذلك على المسقط منه"، كما أورد الكاشي، ومثاله : أ - (ب - ج) = (أ + ج) - ب، و"معنى الجبر أن يكون معك جملتان، وفى احدى الجملتين استثناء نقصان المستثنى ليذهب من الاستثناء ويزاد مثل المستثنى على الجملة الثانية لتبقى المعادلة بينهما"، كما أورد الكاشي، وكان كتاب الخوارزمى أول كتاب عربى فى هذا العلم عنوانه الكامل "كتاب الجبر والمقابلة"، وكرر معظم علماء الجبر فى اللغة العربية هذا الاسم، حرفياً.

الجبر الكلاسيكى :

يروى تاريخ الجبر الكلاسيكى ثلاثة أحداث متتابعة وكأنها منفصلة وهى : تشكيل نظرية المعادلات التربيعية أو الخوارزمي، والحل العام تقريبا للمعادلة التكعيبية أو رياضيو المدرسة الإيطالية وبصورة خاصة ترتاجليا وكاردان، وإدخال وتوسيع العلامات الجبرية أوفيات ورنيه ديكارت. أما رشدى راشد فقد ربط تاريخ الجبر بالحساب الجبرى المجرد. لكن ترجع هذه الصورة الكلاسيكية إلى أن جبر الكَرَجى والخيام والكاشى تبدو وكأنها رياضيات صورة غير رياضية. لذلك عاد رشدى

راشد إلى التقاليد الرياضية نفسها كى يدعم فكرة أن الجبر الكلاسيكى قد تجدد من نفسه منـــذ نهايـــة القرن العاشر الميلادي.

الجذر التربيعى :

هو العدد الذى ربع أنتج العدد الأصلي.

الجذر التكعيبي:

هو العدد الذى كعب أنتج العدد الأصلي. فمثلا الجذر التكعيبى للعدد ٨،هو العدد ٢، لأن :٢ ٣ = ٨

الجرشي، نيقوماخوس (٢٠٠ م) :

منذ ترجم ثابت ابن قرة "مقدمة الحساب" لنيقوماخوس الجرشي، والحسابيون العرب يعرفون جــدول الأعداد المضلعة كما صاغها ابن قرة فى ترجمته.

جريم، يعقوب (١٧٨٥-١٨٦٣) :

عالم اللغة الجرمانية ومقارنة الأطوار التى مرت بها هذه اللغات والأساطير والثقافة الشعبية.

جمبليك (نحو ٢٥٠ – نحو ٣٢٥) :

فى سياق مبرهنة ثابن بن قرة وحساب الأعداد المتحابة، أرجع جمبليــك الأعــداد المتحابــة إلـــى فيثاغوراس، كما رد بن قرة نفسه.

الجهشاري، أبو عبد الله محمد بن عبدوس :

أحد مؤرخى عصر الخلافة العباسية.

(ح)

الحجاج، بن يوسف بن مطر الحاسب (٨٠٠ م) :

يقال إنه هو الذى ترجم "المجسطي"، وإنه أتمه حوالى سنة ٨٢٧م، أى بعد سقوط البرامكــة بــزمن طويل وبعد موت هرون الرشيد، ويقال إن هذا المترجم نفسه قد وضــع ترجمــة عربيــة لكتــاب "الأصول" لإقليدس.

حران :

مدينة قديمة تقع شمالى أرض الجزيرة، بالقرب من منابع نهر "البليخ" أحد روافد نهر الفرات علــى خط طول ٣٩ شرقا وعرض ٣٧ شمالا وغربى مدينة رأس عين، وشمالى مدينة الرقة وإلى جنوب غرب مدينة الرها ويقرب عمرها الآن أكثر من ثلاثة ألاف سنة. وقد عرفت حــران عنــد العــرب الوثنيين باسم حران أو أران.

الحساب الإقليدى :

ظهرت أهمية تصور الأعداد الأولية فيما بينها متبوعة بالأعداد الأولية التى أكد إقليــدس وجودهــا ولاتناهيها فى المقالة التاسعة من كتاب "الأصول" لإقليدس. ليس هناك ما يدعو للبحث عن مبرهنــة ليست مبرهنة أساسية فى بنية المقالة التاسعة من كتاب "الأصول" لإقليدس، ولا تخدم تطبيقات أخرى أساسية. تلك هى حالة مبرهنة الحساب الأساسية. وإذا كانت هذه المبرهنة قد ظهرت فذلك عائد إلى إعداد هذه الدراسة عن القواسم وإلى إدخال الوسائل التوافيقية الضرورية، فى حين أن كل الــشروط المطلوبة لبرهانها كانت فى كتاب الأصول. لقد فرضت هذه المبرهنة نفسها إذن للتأسيس التطبيقــى الوسائل الجبرية على الحساب الإقليدي.

الحساب التقليدى :

الحساب القبل كلاسيكي، أى الذى يقع فى إطار ما قبل التجديد فيما بين القــرن التاســع المــيلادى والقرن السابع عشر الميلادي.

الحساب الجبرى :

تطبيق الحساب على الجبر

الحساب الكلاسيكى :

الحساب الواقع بين القرن التاسع الميلادى والقرن السابع عشر الميلادي.

حساب المثلثات :

فرع من فروع الرياضيات يدرس العلاقات بين أضلاع وزوايا المثلثات والخصائص والتطبيقات العملية للدوال المثلثية، وينقسم حساب المثلثات إلى فرعين : حساب المثلثات المستوية، ويتعامل مع أشكال تقع بأكملها فى مستوى واحد، وحساب المثلثات الكروية، ويتعامل مع المثلثات التى تعتبر جزءا أو مقطعا من سطح كرة.

حساب المجهولات :

هى التسمية التى أطلقت على الجبر فى القرن الحادى عشر الميلادى وتجديده لدى الكرجى والسموأل.

الحساب الهندى :

لكى يبين الإقليدسى أهمية الحساب الهندي، كتب يقول إن أكثر الحُساب مضطرون إلى العمل بالحساب الهندى لما فيه من الخفة والسرعة وقلة الحفظ.

الحساب الهلنستينى :

يقع ثابت بن قرّة ضمن تقليد الحساب الهلينستي. فقد ترجم إقليدس ونيقوماخوس الجرشي. وأدرك نظرية للأعداد المتحابة ، وأبحاثه حول الأعداد التامّة واكتشافه فى حقل الأعداد المتحابّة ، وأعمال أتباعه (كالبغدادي، تمثيلا لا حصرا) تندرج جميعها ضمن هذا الاتجاه الحسابى الهيلينستي. وبينما كان هذا الاتجاه الحسابى الهيلينستى كغيره من الاتجاهات الحسابية الباقية هدفًا لتنشيط كثيف انشغل علماء الجبر بتوسيع بل بتجديد الجبر.

الحلول الجذرية هى الحلول القانونية:

وهى الحلول التى أنتجها الرياضيون من خلال حل المعادلات العددية، والتى تتعلق، بنحو خاص، بالطريقة المسماة باسم "طريقة فيات أو طريقة روفيني-هورنر".

الحلول القانونية هى الحلول الجذرية:

وهى الحلول التى أنتجها الرياضيون من خلال حل المعادلات العددية، والتى تتعلق، بنحو خاص، بالطريقة المسماة باسم "طريقة فيات أو طريقة روفيني- هورنر".

حنين، بن اسحق العبادى (٢١٥هـ-٢٩٨هـ وقال ابن الأثير : ٢٩٩هـ / ٨٠٩م-٩١٠م):

الطبيب المشهور، ويعتبر أحد مشاهير النقلة الذين مثلوا على حركة الترجمة فـي القـرن الثالـث الهجري/التاسع الميلادي. لقد أتقن حنين العبادى إربع لغات هى : السريانية، والعربية، واليونانيـة، والفارسية. وكان يراجع ترجمة حبيش بن الحسن الاعسم، تمثيلا لا حصراً. كان واحدا من أربعـة نقلة، نالوا شهرة فائقة فى نقولهم المختلفة إلى العربية : يعقوب بن اسحق الكندي، وثابت بـن قـرة الحراني، وعمر بن الفرخان الطبري، وحنين بن اسحق العبادي. وأكثر كتب الحكماء والأطباء كانت بلغة اليونان، فعربت، وكان حنين أشد الجماعة اعتناء بتعريبها. وقال حنين بن اسحق إنه لم يكن قد ترجم "مقالة أسماء كتب جالينوس" إلى اللغة السريانية بعد، ترجمها ابنه اسحق. وأما إلـى العربيـة فبعد ترجمتها لابى الحسن احمد بن موسي، ولم يعلم أن أحدا ترجمها غيره. وترجم كتـاب أقليـدس الفيثاغوري، وكتاب أرسطوطاليس "فى العبارة"، وكليات أرسطوطاليس، ومقالات فلسفية لابن سـينا والفارابى والغزالى وابن العبرى وابن العسال، وترجم من اليونانية إلى العربية، السياسة لأفلاطون، والنواميس لأفلاطون، والمقولات لأرسطو. أنظر كتاب الباحثة الفرنسية المعاصرة : مريم سـلامة-كار، "الترجمة فى العصر العباسي، مدرسة حنين بن إسحق وأهميتها فى الترجمة"، ترجمة د. نجيب غزاوي، دراسات أدبية عربية، منشورات وزارة الثقافة، سورية، دمشق، ١٩٩٨ .

(خ)

الخازن، أبو جعفر :

أسهم فى التحليل الديوفنطسى فى القرن العاشر الميلادى. ظهر كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى فى القرن التاسع الميلادى بأشكال مختلفة. وأسهم كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى فى القرن التاسع الميلادى فى تطوير الرياضيات فى القرن التاسع الميلادى :

١- أسس كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى تأسيساً أولياً لتوسيع الجبر العربى من دون العودة إلى التحليل الديوفنطس القديم؛

٢- اتجه كتاب "المسائل العددية" لديوفنطسى نحو أبحاث جديدة فى التحليل الديوفنطسى الحديث بالمعنى الذى صاغه باشيه دومزيرياك وبيار فِرما فى القرن السابع عشر الميلادي.

فالأبحاث التى أثارتها قراءة ديوفنطس هى من أعمال الرياضيين الذين وضعوا أنفسهم خارج الجبر. وأثروا أسلوبًا مختلفًا عن أسلوب "المسائل العددية" لديوفنطس. وسلم أغلب مؤرخى الرياضيات بأن كتاب المسائل العددية يمثل إرثًا من المسائل العددية المكافئة فى معظمها لمعادلات (أو لنظم من المعادلات) غير محددة مندرجة ‎<9‎ وذات مجهولين أو أكثر ولا تحتوى إلا على مقادير نسبية (منطقة). وحلول هذه المعادلات لا بد لها أن تكون أعدادًا نسبية موجبة وأعدادًا صحيحة إذا أمكن ، لكن لم تصغ أيّة شروط حول النقطة. إن المسائل العددية لم تقارب إلا أعدادًا نسبية موجبة. ولم تشر فى أيّة لحظة إلى الأعداد الجبرية الصماء بذاتها ولا إلى معيار لمعرفة إن كان العدد نسبيًا (منطّقا) أو أصمًا بوجه عام.وإذا درس ديوفنطس شروط معرفة إن كانت الأعداد نسبية أم لا، فمن أجل البحث عن حل نسبى موجب وحسب.ومن مراجع الخازن: أخبار الحكماء، ٢٥٩

الخوارزمي، أبو عبد الله محمد بن موسي (القرن التاسع الميلادي):

وهو منسوب إلى عاصمة من عواصم خراسان هى خوارزم، وهى مدينة خيوة اليوم، جنوب بحيرة آرال. عايش المأمون (١٩٨ / ٨١٣ ، ٢١٨ / ٨٣٣)، وتوفى الخوارزمى حوالى سنة ٢٣٢ / ٨٤٦.

الخيام، أبو الفتح عمر بن إبراهيم الخيامى النيسابورى (١٠٤٨ – ١١٢٢) :

جمع الرياضيون بين بعض الأدوات فى حل المعادلات العددية والجبر ، وإلى أن ذلك عاد إلى تيارين فى القرن الحادى عشر الميلادى كانا يهدفان إلى تحديد الجبر وتوسيع مجاله :

١- تطبيق الحساب على الجبر ، ومحاولات غير مباشرة لتوسيع مفهوم العدد. وأضافت أعمال الكرجى المتبوعة بأعمال أتباعه أمثال السموأل إلى المسألة التى نحن بصددها أول مجموعة من الأدوات ؛

٢- التقدم بالجبر من خلال الهندسة. وقد قادت الدراسة الجبرية إلى المنحنيات وتأسست الهندسة الجبرية. وقد تميّز هذا التيار باسمى عمر الخيّام وشرف الدين الطوسى ، وشكل المجموعة الثانية من الأدوات المطلوبة ، وصار بالإمكان طرح مسألة المعادلات العددية.

من هنا نشر رشدى راشد آثار الخيام الجبرية. فأحيا بهذا آثار أول من صاغ نظرية هندسية للمعادلات الجبرية. وأسهم بصورة معينة فى إبداع الهندسة التحليلية بالمعنى الذى ورد فى كتاب ديكارت عن "الهندسة" فى القرن السابع عشر الميلادي. وقد ألحت عليه فكرة تحقيق رسائل الخيام عندما كشف لأول مرة عن أعمال شرف الدين الطوسى وأهميتها البالغة فى تاريخ الهندسة التحليلية أو تاريخ الهندسة الجبرية. فعند تحقيقه لكتاب شرف الدين الطوسى كان كثيرًا ما يعود إلى آثار الخيام لتحديد أثره ولتعيين تجديد شرف الدين الطوسى نفسه.

(د)

الدالة اللوغارتمية Log (بدور L كبيرة):

استعملها يوهانز كبلر (١٥٧١-١٦٣٠) فى عام ١٦٢٤ فـى كتابـه *Chilias logarithmorum*، وذلك كما أورد فلوريان كاجورى فى كتابه "تاريخ الرياضيات" (نيويورك، مـاكملان، ١٨٩٣، ج٢، ص ١٠٥). *log* (بدور، *l* صغيرة) استعملها بونافونتورا كفـاليبرى (١٥٩٨-١٦٤٧) فـى كتابـه *Directorium generale Vranometricum (1632)*، كما أورد كاجورى فى كتابه سـالف الـذكر (ج٢، ص ١٠٦)، وأورد كلاين فى كتابه أن ليبنيتز أدخل الرمز *logx* (من دون دور)، لكـن مـن دون أن يذكر المصدر، والرمز *ln* فى اللو غاريتم الطبيعي، استعمله إزفيـنج سـترينجهام (١٨٤٧-١٩٠٩) فى عام ١٨٩٣ فى كتابه *Uniplanar Algebra*، كما أورد كاجوري، فى كتابه سلف الذكر (ج٢، ص ١٠٧). واستعمل وليم وجتريد (١٥٧٤-١٦٦٠) علامة سالبة على خاصية لوغاريتم فـى كتابه "مفتاح الرياضيات"، عدا فى الطبعة عام ١٦٣١ التى لم يذكر فيها اللوغاريتمـات، كمـا أورد كاجورى فى كتابه سالف الذكر (ج٢، ص ١١٠)، وكان وليم وجتريد قد أعد كتابـه حـوالى عـام ١٦٢٨ ونشره عام ١٦٣١، وذلك كما أورد ديفيد يوجن سميث فى كتابه عام ١٩٥٨ عـن "تـاريخ الرياضيات الحديثة"، ط٤، ١٩٠٦، ص٣٩٣، ويذكر كاجورى استعمالا من الطبعة عام ١٦٥٢ مـن كتاب "مفتاح الرياضيات" لوليم وجتريد.

دالمبير، جون لورون (١٧١٧-١٧٨٣):

وهو رياضي، وفيلسوف، وفيزيائى فرنسى حديث

دسلير، رنيه فرونسوا :

رياضى من القرن السابع عشر الميلادي، نسب إليه توسيع التحليل التوافيقى وتفسيره.

دوبيز، ليونارد، المعروف بفيبوناتشى (نحو١١٨٠-نحو١٢٥٠):

وهو رياضي، وله متوالية تحمل اسمه هى متوالية فيبوناتشي، ومتواليـة فيبوناتـشى (*un*) يعرفهـا فيبوناتشي، من خلال التكرار، بما يلى : $u0 = u1 = 1$ وبالنسبة لكل عدد تام طبيعي، $n,\ un+2 = un+1 + un$ ، وحاصل القسمة $un+1 / un$ تقارب العدد الذهبى .

دوركيم، إميل (١٨٥٨-١٩١٧) :

هو أبرز من واصلوا عمل أوجست كونت فى علم الاجتماع، وكتابه الرئيسى عنوانه "قواعد المنهج الاجتماعي"، باريس، ألكان، ١٨٦٥، ط٢، ١٩٠١ .

دوشال، ش. :

نسب إليه حل المعادلات العددية

دوميزرياك، بشيه (١٥٨١ — ١٦٣٨) :

لم يتمكن من صياغة الاستقراء الرياضى صياغة تجريدية ومتماسكة تماما.

دوموافر (١٦٦٧ — ١٧٥٤):

رياضى انجليزى من أصل فرنسى استخدم الاستقراء الغير التام وأهم انجازاته هى النظريات التى وضعها حول تفكيك الدوال فى حساب المثلثات .

دوسونتي، جون توسان (١٩١٤-٢٠٠٢):

وكان رياضيا وفيلسوفا فرنسياً، وله "المدخل إلى تاريخ الفلسفة"(١٩٥٦)، و"الظواهريات والممارسة"(١٩٦٣)، و"المثل الرياضية، بحوث ابستمولوجية فى تطور نظرية دوال المتغيرات الحقيقية"(١٩٦٨)، و"الفلسفة الصامتة أو نقد فلسفات العلم" (١٩٧٥)، و"المدخل إلى الظواهريات"(١٩٧٦)، وقدم للكتاب المرجعى "مراحل الفلسفة الرياضية"(١٩٧٢) لليون برانشفيج، ولكتاب "منهج المصادرات والشكلانية : محاولة فى أساس الرياضيات"(١٩٨١)، ولكتاب "تاريخ العقل" لفرونسوا شاتليه، وغيرها من الكتب المهمة فى تاريخ العلوم وفلسفتها.

دوهيم، بيار موريس (١٨٦١-١٩١٦) :

فيزيائى فرنسى كاثوليكى ومؤرخ العلوم والداعية الرئيسى لفلسفة المعرفة المعروفة باسم الاتفاقية *conventionalisme*، وقد قرر أن الحقيقة الخارجية موجودة، لكننا نقدر أن ندرس الظواهر وحسب، وليس بالإمكان التحقق من صحة وجهة النظر الميتافيزيقية، وأن هدف العلم ليس التفسير بالمعنى المقصود فى تمييز صحة وجهة النظر الميتافيزيقية، وأن العلم لا بد له أن يتخلى عن الفكرة القائلة بزيادة التفسيرات بعمق ميتافيزيقى معين، وأن هدف العلم هو أن يكشف عن الانتظام فى العالم، وأن يعبر عن هذا الانتظام فى لغة القوانين، وأن القوانين العلمية لا بد أن ننظر إليها بوصفها طريقة "الأشياء" فى الوجود الفعلى، لأن القوانين العلمية عبارة عن أيْد قصيرة مناسبة حقيقية، وأن بإمكان

القوانين العلمية أن تستعمل الرياضيات، لكن الرموز الرياضية فى المعادلات لا يعنى بالضرورة أى شيء فعلى، وأن العلم لا يفسر القوانين التجريبية أبداً، بل يؤسس العلم لفهم النظام المنطقى للأشياء، ولتقديم توقعات دقيقة ومفيدة، وأنه لا ينبغى الحكم على نظرية من النظريات من خلال قدرتها أو عجزها عن تفسير الواقع، بل نحكم على النظرية وفقا لكيفية فهمها لترتيبها الملاحظات، ووفقا لكيفية فهمها ظهور العالم، وأنه لا بد للعلماء أن يجتنبوا الأوصاف التى تعتمد النماذج الآلية فى تفسير الواقع، فالنماذج الآلية توحى وحياً خاطئاً بأن لدينا فهماً عميقاً وحقيقياً لاتصال الواقع، وأن الأوصاف لا بد أن تبقى مجردة، وأن القوانين العلمية اتفاقية وحسب، فإن كل علم من العلوم يرثه الفرد فى مجتمع من المجتمعات يعتمد على عادة جماعية أوعلى التواضع *CONVENTIONAL*. فالعلامات الدالة على آداب السلوك، تمثيلا لا حصراً، وهى تحمل غالبا صيغة تعبيرية طبيعية (تحية الصينيين الذين يسجدون أمام أباطرتهم، تمثيلا لا حصراً)، تضبطها قاعدة جماعية تقضى باستعمال تلك العلامات. ولا تفرض قيمة تلك العا ات فى حدها أو ذاتها استعمال هذه العلامات أو تلك. وقرر بيار دوهيم كذلك أن العلم الجيد هو الذى يؤدى إلى القوانين المهمة والدقيقة تماما، والتصور الخاطئ هو أن الإغراء الذى يمارسه التصور فى عيون العلماء، والذى يقول بأن تلك القوانين تمثل الواقع الأساسي، أن هذا الإغراء هو إغراء وحسب، أى أنه وهم يراود البعض. وقد وردت هذه الآراء المقتضبة فى "نظام العالم، تاريخ العقائد الكونية من أفلاطون إلى كوبرنيكوس"، باريس، هرمان، ١٠ جزءا، ١٩١٣-١٩٥٩ . قال بيار دوهيم فى كتابه "نظام العالم" (باريس، ١٩٦٥)، عن العلم العربي، إن العلم العربى اقتصر على إعادة إنتاج التعاليم الموروثة عن العلم اليوناني.

دوهرنج، يوجن (١٨٣٣-١٩٣١):

وهو فيلسوف ألمانى وعالم من علماء الاقتصاد صاحب "التاريخ النقدى للمبدأ الكلى للميكانيكا" (١٨٧٣).

دومستر، يوسف (١٧٥٤-١٨٢١) :

فيلسوف فرنسى سياسي، عبرت مؤلفاته عن الاتجاه المعادى لأفكار الثورة الفرنسية.

ديديه (الأب):

وهو أب ورياضى صاحب "حساب المهندسين، أو عناصر الرياضيات الجديدة"، باريس، ١٧٣٩، تنسب إليه القضية التى سبقه إليها كمال الدين الفارسي.

ديكارت، رنيه (١٥٩٦-١٦٥٠):

وهو رياضى وفيلسوف فرنسى أسهم فى تطوير الهندسة التحليلية.

ديودونيه، جون (١٩٠٦ – ١٩٩٢) :

رياضى فرنسى معاصر، بحث فى ميدانّ الطبولوجيا، والجبـر، وأسـهم فـى تحريـر "عناصـر الرياضيات" لبورباكي.

ديوفنطس (نحو القرن الثالث الميلادي) :

حقق رشدى راشد وقدم "لديوفنطس الإسـكندراني، فن صناعة الجبر، ترجمة قـسطا بـن لوقـا" (١٩٧٥) و" الأعمال المفقودة لديوفنطس" (١٩٧٤) و"الأعمـال المفقـودة لـديوفنطس" (١٩٧٥) و"ديوفنطس : علوم العدد، الكتاب ٤" (١٩٨٤) و" ديـوفنطس : علـوم العـدد، الكتـب ٥ و٦ و٧" (١٩٨٤) و"كتاب ديوفنطس الاسكندرانى فى علم العدد" (١٩٨١)، وذلك من بعد تحقيق بول تـانرى وتوينر فى ليبزيج فى ألمانيا عامى ١٨٩٣-١٨٩٥ لمجموع أعمال ديوفنطس اليونانية وترجمتها إلى اللغة اللاتينية. وتصدر تحقيق أعمال ديوفنطس الاسكندرانى مشروع رشدى راشد فى كتابة تـاريخ الرياضيات الكلاسيكية وفلسفتها، ويمثل احدى علامته البارزة. وقـد ارتـبط ديـوفنطس بمـدارات المدرسة الرياضية فى الإسكندرية، وتاريخ الحساب العددي، وأسس ما سمى بالتقريب الديوفنطسي، والمعادلات الديوفنطسية، وهى لا تنفصل عن ما سمى بمسائل هلبرت، ونظـرية الأعداد، والكتابـة الرمزية الرياضية، والأعداد الخيالية.

(ر)

رابينوفيتش، ن :

مؤرخ الرياضيات المعاصر الذى أرجع الاستقراء الرياضى إلى ليفى بن جرسون.

رسل، برتراند آرثر وليم (١٨٧٢-١٩٧٠) :

رياضى وفيلسوف إنجليزى معاصر، لــه "مبــادئ الرياضــيات"، ١٩٣٠، ١٩٣٧ ط٢، مــع أ. ن. وايتهيد) "المبادئ الرياضية"، ١٩١٠-١٩١٣، ١٩٢٥-٢٧ ط٢، "مسائل الفلــسفة"، ١٩١٢، ١٩٤٨، ط٢٠، "معرفتنا بالعالم الخارجى كمجال المنهج العلمى فى الفلسفة"، ١٩١٤، "المدخل إلــى الفلــسفة الرياضية"، ١٩١٩، "تحليل العقل"، ١٩٢١، "مستقبل الحضارة الصناعية"، ١٩٢٣، "أوليات النسبية"، ١٩٢٥، "تحليل المادة"، ١٩٢٧، "وجهة النظر العلمية"، ١٩٣١، ١٩٤٩، ط٢، الترجمة الألمانية عام ١٩٥٣ تحت عنوان : "زمن العلم الطبيعى القديم"، "السلطة" (التحليل الاجتمــاعى الجديــد)، ١٩٣٨، "بحث فى الدلالة والحقيقة"، ١٩٤٠، "تاريخ الفلسفة الغربية"، ١٩٤٦، "الفيزيــاء والخبــرة"، ١٩٤٦، "الدين والعلم"، ١٩٤٧، "المعرفة البشرية" (مجالها وحدودها)، ١٩٤٨، "السلطة والفــرد"، ١٩٤٩، " أخلاق المجتمع البشرى وسياسته"، ١٩٥٤ .

الرازي، أبو بكر محمد بن زكريا (ت بين عامى ٣١١-٣٢٠م-٩٢٣-٩٣٢م) :

وهو الذى عرفه الكتاب اللاتين فى العصر الوسيط باسم *RAZES*، بحث فى الطــب، والموســيقي، والفلسفة، والأدب، وبحث رشدى راشد عن "تصور اللامتناهى فى عصر الرازي"، فى أعمال مؤتمر الرازي، فى القاهرة، عام ١٩٧٧، كما بحث رشدى راشد فى الفلسفة الرياضية، لدى الرازي.

رايشنباخ، هانس (١٨٩١-١٩٥٣) :

رياضى وفيلسوف ألمانى معاصر له "تصور الاحتمال فى العرض الرياضى للواقع"، فى "كتابــات فى الفلسفة والنقد الفلسفي، ١٩١٦-١٩١٧، و"الافتراض الطبيعــى فــى الاحتمــال"، فــى "العلــوم الطبيعية"، ٨، ١٩٢٠، "نظام مصادرات نظرية الزمكان النسبية"، ١٩٢٠، مــن كوبرنكــوس إلــى أينشتين، ١٩٢٧" الميتافيزيقا والعلم الطبيعي"، فى المؤتمر، ١، ١٩٢٧، "فلسفة نظريــة الزمكــان"، ١٩٢٨، "النقد الفلسفى للاحتمال"، فى "العلوم الطبيعية"، ١٨، ١٩٢٩، الذرة والكون، "صورة العــالم الطبيعية المعاصرة"، ١٩٣٠، "العلية والاحتمــال"، فــى "المعرفــة"، ١، ١٩٣٠/١٩٣١، "الهــدف

والطريق فى فلسفة الطبيعة الراهنة"، ١٩٣١، "نظرية الاحتمال"، ١٩٣٥، "الخبرة والتوقع"، ١٩٣٨، ١٩٤٩، ط٣، "الأسس الفلسفية لميكانيكا الكم"، ١٩٤٤، "الفلسفة والفيزياء"، ١٩٤٨، "العقلانية والتجريبية" ("بحث فى طرق الخطأ الفلسفي")، فى "المجلة الفلسفية"، ٥٧، ١٩٤٨، "تطور الفلسفة العلمية"، ١٩٥١.

روبيرفال، جيل برسون دو(١٦٠٢-١٦٧٥):

وهو رياضى وفيزيائى فرنسى بحث فى المنحنيات والدوائر المتماسة.

روبنسون، أبراهام (١٩١٨-١٩٧٤):

وهو رياضى ألمانى أمريكى بحث فى المنطق الرياضي.

رودولف، كريستوف (١٥٠٠-١٥٤٥):

وهو رياضى ألمانى بحث فى الحساب.

روزنبرج، فرديناند (١٨٤٥-١٨٩٩):

وهو المؤرخ الألمانى للعلوم الطبيعية، عرف بخاصة بكتابه "تاريخ الفيزياء" (٣ أجزاء، ١٨٨٣-١٨٩٠).

روفيني، باولو(١٧٦٥-١٨٢٢):

وهو رياضى وطبيب وسياسى إيطالى صاحب "التأملات حول حل المعادلات الجبرية العامة" (١٨١٣).

الرياضيات الكلاسيكية :

هى الرياضيات التى تطورت من القرن التاسع الميلادى إلى القرن السابع عشر الميلادي.

الرياضيات الهلنستية :

هى الرياضيات التى أورثت الرياضيات الكلاسيكية تطبيق الجبر على نظرية الأعداد.

رينان، أرنست (١٨٢٣-١٨٩٢) :

ليس رينان من أنصار أوجست كونت مثل تين معنى ودرجة، بل هوينقد كونت بقسوة، ولكنه يشترك وإياه فى أنه يسوده ويشيع فى نفسه إيمان عصره بالمقدرة الكبيرة التى للعلم الوضعى وللمنهج العلمى وللتجربة وقوانين الطبيعة. له "حياة المسيح" (١٨٦٣)، و"مستقبل العلم" (١٨٤٨).

ويتبع أرنست رينان نظرة اللغويين الألمان كما يقتبس عباراتهم، فى الكلام علـــى امتنـــاع اللغـــات السامية على التجريد.

(ز)

زويتن، هيرونيموس جيورج (١٨٣٩–١٩٢٠):

وهو رياضى دانمركى بحث فى الهندسة التحليلية.

(س)

سار، ميشيل (١٩٣٠-):

مؤرخ العلوم والفيلسوف الفرنسى المعاصر، صاحب "نظام ليبنيتز ونماذجه الرياضـية"، جـزءان، ١٩٦٨، "هرمس"، ٥ أجزاء، ١٩٦٩-١٩٨٠، "نشأة الفيزياء فى نص لوقريس"، ١٩٧٧، "عناصـر تاريخ العلوم"، ١٩٨٩، "أصل الهندسة"، (كتاب التأسـيس الثالـث)، ١٩٩٣، "أسـطورة الملائكـة"، ١٩٩٣ .

سارتون، جورج (١٨٨٤-١٩٥٦) :

مؤرخ العلوم المعاصر صاحب "الحرب والحضارة" (١٩١٩)، و"بيبلوغرافيـا تركيبيـة وإحـالات خاصة إلى تاريخ العلم"(١٩٢٠) و"إيمان إنساني" (١٩٢٠)، و"مدخل إلى تـاريخ العلـوم وفلـسفتها" (١٩٢١)، و"تعليم تاريخ العلم"(١٩٢١)، و"هربرت سبنسر" (١٩٢١)، و"مواد تاريخ الفن الأسـيوي" (١٩٢٣)، و"حول التسامح الفكري"(١٩٢٦)، و"مدخل إلى تاريخ العلم"، ٣ أجـزاء، ١٩٢٧، ١٩٧٥ ط٤، (بالاشتراك مع آخرين)، "حضارة النهضة"، ١٩٢٩، "تاريخ العلم والإنسانية الجديـدة"، ١٩٣١، ١٩٦٢، ط٥، "تاريخ العلم ومشكلات اليوم"، ١٩٣٦، "دراسة تـاريخ العلـم"، ١٩٣٦، ط٢، ١٩٥٧، "دراسة تاريخ الرياضيات"، ١٩٣٦، ط٣، ١٩٥٧، "مجلد فى دراسات تاريخ الرياضـيات وتـاريخ العلم"، ١٩٣٦ . وفى اللغة العربية، جورج سارتون، العلم القديم والمدنية الحديثة، ترجمة عبد الحميد صبره، النهضة المصرية، القاهرة، ١٩٦٠ .

سافاج، ليونارج. (١٩١٧-١٩٧١) :

رياضى صاحب "أسس الإحصاء" (١٩٥٤).

سان-سيمون (١٧٦٠-١٨٢٥) :

مهد الطريق إلى الوضعية التجريبية

سترويك، جان ديرك :

رياضى معاصر صاحب "مرشد الأمهات فى الرياضيات، ١٢٠٠-١٨٠٠"، كمبردج، ١٩٦٩ .

ستيفل، ميخائيل (١٤٨٦-١٥٦٧):

وهو راهب وجبرى ألمانى حديث.

ستيفن، سيمون (١٥٤٨-١٦٢٠):

وهو رياضي ومهندس فلمندي، ارتحل بين بروسيا، وبولندا، والنرويج، وبحث فى الحساب والجبر.

سعيدان، أحمد سليم، (١٩١٤-):

رياضى ومؤرخ الرياضيات الفلسطينى المعاصر. ولد فى صفد فى فلسطين، ودرس فى الكلية العربية فى القدس، وحصل البكالوريوس فى الرياضيات من الجامعة الأمريكية فى بيروت عام ١٩٣٤، وبكالوريوس بدرجة الشرف من جامعة لندن ثم حصل على الماجستير والدكتوراه. عمل فى التدريس فى فلسطين والسودان وفى الجامعة الأردنية وتولى عمادة كلية العلوم فى أبوديس فى القدس. بحث فى تاريخ علم الرياضيات عند العرب بعامة وحقق البحث الجبرى فى "الفصول فى الحساب الهندي" للأقليدسي، أبو الحسن أحمد بن إبراهيم، فى إطار تاريخ علم الحساب العربى (ج٢، عمان، اللجنة الأردنية للتعريب والنشر والترجمة، ١٩٧٣)، بخاصة. ففى "الفصول" كشف سعيدان عن فكرة الكسور العشرية، قبل الكاشى فى كتابه "مفتاح الحساب". وهو التأريخ الذى أعاد رشدى راشد النظر فيه إعادة جذرية.

السجزي، أحمد بن محمد بن عبد الجليل (٩٧٠ م) :

فى القرن التاسع الميلادي، أحرز إنشاء الإسطرلابات واستخدامها تقدما متفرداً. وقد أثار الطلب المتزايد مضاعفة الأبحاث حول الإسقاطات بغرض إنشاء الإسطرلابات. وانكبّ الرياضيون أمثال الكندى وبنو موسى والخازن وإبراهيم بن سنان والسجزى وغيرهم ، على دراسة الرسم الهندسى للأشكال على الإسطرلاب ، وعلى طريقة الإسقاطات.

السموأل، بن يحيى بن عباس المعروف بالمغربى (ت نحو عام ٥٧٠ هـ / ١١٧٥ م)

سنان بن الفتح :

أحد الرياضيين الذين طوروا فى اللغة العربية الحساب الجبرى ونظرية المعادلات والتحليل، قبل ترجمة حساب ديوفنطس.

سوتر، هنريش :

مستشرق سويسرى اختص بتاريخ الرياضيات العربية، وهو صاحب الكتاب الرائـد عـن "علمـاء الرياضيات والفلك لدى العرب وأعمالهم" (١٩٠٠) :

Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke, Leipzig, Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1900. Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften mit einschluss ihrer Anwendungen. X. Heft. Zugleich Supplement zum 45. Jahrgang der Zeitschrift fur Mathematik und Physik. Hrsg. Von R. Mehmke und M. Cantor.

سيديللو، لويس بيار:

وهو مؤرخ الفلك المعاصر، صاحب "مقدمات للجداول الفلكية"

السيوطي، جلال الدين (٨٤٩-٩١١):

هو عالم فى التفسير، واللغة، والحديث، والفقه، والنحو، والمعاني، والبيان، والبديع، علـى طريقـة العرب البلغاء لا على طريقة العجم، على حد تعبيره، وكان عالمـا فـى أصـول الفقـه والجـدل والتصريف والإنشاء والترسل والفرائض والقراءات والطب والحساب، وكان الحساب أعسر شـيء عليه، وكره المنطق لما سمع الإفتاء بتحريمه. ومن مصادره : الضوء اللامع، ٤ / ٦٥؛ ما كتبه فى حسن المحاضرة، ١ / ١٨٨؛ ط ١٢٩٩؛ النور السافر، ٥٤-٥٧؛ الكواكـب الـسائرة، ١ / ٢٢٦-٢٣١؛ شذرات الذهب، ٨ / ٥١-٥٥؛ البدر الطالع ١ / ٣٢٨-٣٣٥؛ روضات الجنات، ٤٣٢؛ مـا كتبه فى المزهر : التعريف بالمؤلف فى آخر الجزء الثاني، ٦٣٩-٦٥١؛ مقدمة نظم العقيان، معجم المطبوعات، ١ / ١٠٧٣ .

(ش)

الشهرزورى :

أحد الرياضيين اللذين طورا الجبر من بعد الكرجي.

شوبل، يوهان (١٤٩٤-١٥٤٨):

وهو أحد رياضيى الألمان، وقد عاصر ستيفل، وله مؤلفات فى الحساب والجبر.

شوكيه، نقولا (١٤٤٥-١٥٠٠):

وهو رياضى فرنسى ازدهر فى النصف الثانى من القرن الخامس عشر الميلادي، وألف كتابا واحدا، فى عام ١٤٨٤، ظل مخطوطاً إلى أن حققه أرستد مارك.

(ص)

الصيدانى :

رياضى ظهر من بعد الخوارزمى مباشرة.

(ط)

الطبري، أبو جعفر محمد بن جرير (ت ٣١٠ ه / ٩٢٢م):

صاحب "تاريخ الرسل والملوك"، من أبرز مؤرخى القرن الثالث الهجري.

الطرق العددية :

إن الضبط المتزامن للتصورات والتقنيات الجبرية الذى سبق أن أجراها رشدى راشد أسست لتعيين تجدد معين للجبر فى القرن الحادى عشر الميلادي. هذا التجدد الذى تطوع له الكرجى (فى نهاية القرن العاشر الميلادى وبداية القرن الحادى عشر الميلادي) وتابعه أتباعه والسموأل (المتوفى فى ٤٧١١) بخاصة، كان يهدف إلى "إجراء عمليات على المجهولات كتلك التى يجريها الحسابى على المعلومات". كان المقصود هو تطبيق الحساب على جبر الخوارزمى وأتباعه. هذه الحسبة للجبر كما بينها رشدى راشد كانت تتخذ من توسيع الحساب المجرد وسيلة رئيسة. هذه الوسيلة أثبتت فعاليتها ليس فى التوسع الخاص بالجبر كما فى "حساب المجهولات" إنما فى تقدم نظرية الأعداد كما فى الطرق العددية. أسس ذلك لفهم أعمق لإحدى النزعات الأساسية للجبر العربي. فإن درس أعمال الرياضيين من مدرسة الكرجى مكن رشدى راشد من أن يبين :

١- إن كشوف عدة منسوبة حتى الآن إلى جبريّى القرنين الخامس عشر والسادس عشر هى من عمل الرياضيين من مدرسة الكَرَجي. ومن بين ما توصل إليه الرياضيون من مدرسة الكرجى نظريات كاملة كجبر كثيرات الحدود ، وقضايا جوهرية – صيغة ذات الحدين وجدول المعاملات ، وخوارزميات مثبتة – كتلك الخاصة بقابلية قسمة كثيرات الحدود، وطرق البرهنة كالاستقراء التام؛

٢- توج كتاب "مفتاح الحساب" للكاشى (المتوفى ١٣٤١م–٧٣٤١م) استعادة بدأها جبريّو القرنين الحادى عشر والثانى عشر.

الطوسي، شرف الدين (١١٧٥ م):

هو شرف الدين المظفر (أو أبو المظفر) بن محمد بن المظفر الطوسي، وهو رياضى فلكى من طوس بخراسان. وتردُّد على طوس نفسها. لكن بعد العقد الثامن من القرن السادس الهجرى اختفت آثار الطوسى من كتب المؤرخين القدماء. وظل الخطأ –الذى صححه رشدى راشد– أن الطوسى

كان على قيد الحياة سنة ٦٠٦ للهجرة (٩٠٢١م). ويرجع هذا الوهم -بحسب تصحيح رشدى راشد- إلى خطأ ارتكبه أحد النساخ. فأخبار الطوسى كلها ترجع إلى ما قبل نهاية القرن السادس الهجـــري، فهو من أبناء النصف الثانى من القرن السادس الهجري، بلغ أوج نشاطه فى العقد الثامن من القـــرن السادس الهجري.

الطوسي، نصير الدين،(فى طوس ١٢٠١- فى بغداد ١٢٧٣ {٥٥٩٧-٥٦٧٢}) :

بحث رشدى راشد فى مسألة العلاقة المعقدة بين التحليل التوافيقى والتحليل الميتافيزيقى عند نـــصير الدين الطوسى وغيره من الرياضيين، أمثال ابن سينا وإبراهيم الحلبي، بحث رشدى راشد فى هـــذه المسألة بوصفها مسألة نقلت العقل الإنسانى من العصر القديم إلى القرن السابع عشر الميلادى مـــن دون انقطاع، مما وضع العلم العربي، فى هذا الموضع، من جديد، فى متن الحداثة الكلاسيكية، ومن دون أن يقع التحليل الفلسفى العربى فى إطار من "العصور الوسطى" المعهودة.

(ع)

علم الأصوات :

هو البحث الفوناتيكى أو الفونولوجيا، والفوناتيك يعنى بالأصوات الإنسانية شرحا وتحليلا، ويجـرى عليها التجارب من دون نظر خاص إلى ما تنتمى إليه من لغات.

علم البناءات الجبرية :

رأى بعض المستشرقين أن البنية اللغوية للغة العربية هى السبب فى تطور "علم البناءات الجبريـة"، وقد رأوا هذه الرؤية نتيجة أسلوب معين فى صياغة سؤال تاريخ العلوم والرياضيات بعامة، والعلوم العربية بخاصة.

علم الجبر :

اختار الخوارزمى لكتابه المؤسس اسم : " الجبر والمقابلة" وقد أصبح هذا اسم علم الجبر فـى كافـة اللغات، والخوارزمى هو أول من استخدم الجبر فى هذا المعنى وقد عنـى الخـوارزمى بكلمتـى : الجبر والمقابلة، أن حدود معادلاته كانت أموالا وجذورا وأعدادا مفردة لا تنسب إلى جذر أو مـال . والمال هو المربع (س٢) والجذر أو الشيء المجهول (س) فإذا قيل " مال يعـدل أربعـين شـيئا إلا أربعة أموال" ، كان معنى ذلك بالرموز الحديثة : $س^٢ = ٤٠ س - ٤ س^٢$

يقول الخوارزمى : " فأجبرها بالأربعة الأموال وزدها على المال" فتصبح : ٥ س٢ = ٤٠ س

وهذا معنى الجبر عنده ، أن تجبر طرف المعادلة بما نقص من أموال أو جذور ، أو أعـداد وتزيـد على الطرف الآخر . أما المقابلة فهى أن تقابل بين الحدود المتشابهة فى طرفى المعادلة ، فإذا كانت المعادلة مثلا: $س^٢ - ٣س + ٦١ = س + ٢١$

فأجبر ذلك وزد الثلاثة الأشياء على الشى والاثنى عشر درهما. وقابل به والق أثنى عشر من سـتة عشر يبقى أربعة دراهم وبهاتين العمليتين تصبح المعادلة : $س^٢ + ٤ = ٤ س$

علم الصرف :

فى ما يعرف "بعلم الصرف" معلومات صوتية. فقد حاول الصرفيوون –محاولاتهم الأولى ماثلة فـى كتاب سيبويه– أن يصفوا ما يطرأ على بنية الكلمة العربية المعربة من تغيرات، إما فى تـصرفاتها المختلفة (من إفراد وتثنية وجمع، وتذكير وتأنيث، وتصغير، ومبالغة، ونسب، ومـاض ومـضارع

وأمر..إلخ)، وإما عند وقوعها فى درج الكلام فى سياقات صوتية معينة (كالإدغام، والوصل) إلـــى غير ذلك من البحوث الصرفية.

علم العدد :

إن الذى يعرف بهذا الاسم علمان : أحدهما علم العدد العملي، والآخر علم العدد النظري، فـــالعملى يفحص عن الأعداد من حيث هى أعداد معدودات تحتاج إلى أن يضبط عددها من الأجسام وغيرها، مثل رجال زو أفراس أو دنانير أودراهم أو غير ذلك من الأشياء ذوات العدد، وهى التى يتعاطاهـــا الجمهور فى السوق والمعاملات المدنية. وأما النظرى فإنه إنما يفحص عن الأعداد بإطلاق على أنها مجردة فى الذهن عن الأجسام وعن كل معدود منها.

العلم العربى :

النشاط العلمى الذى مارسه، منذ القرن "تاسع الميلادي، علماء من ثقافات مختلفـــة ومـــن ديانـــات مختلفة، وعبروا عنه فى اللغة العربية، لغتهم الأدبية والعلمية آنذاك جميعا.

علم العَروض :

صناعة يعرف بها صحيح أوزان الشعر العربى من فاسدها، فهو يعنى بالشعر من حيـــث صـــحة وزنه وخلله.

علم المناظر :

يدرس ما يفحص عنه علم الهندسة من الأشكال والإعظام والترتيب والأوضاع والتساوى والتفاضل وغير ذلك، ولكنها على أنها فى خطوط وسطوح ومجسمات بنحو مطلق.

(ف)

الفارابي، أبو نصر (نحو٢٦٠هـ/ ٣٣٩هـ)، :

وهو من قمم الفلسفة العربية-الإسلامية، الفارابى فى المراجع العربية، د. حسين على محفوظ، ومؤلفات الفارابي، حسين على محفوظ وجعفر آل ياسين.

الفارسي، كمال الدين أبو الحسن :

شارح الخيام الذى عاش فى القرن الثالث عشر الميلادي، أورد المعادلة $x^4+y^4=z^4$ من دون برهان على الاستحالة.

فاكا، ج. :

مؤرخ الرياضيات الألمانى المعاصر، كشف عن صياغة مكافئة لمبرهنة ابن الهيثم-ويلسون، لدى ليبنيتز.

فرفوريوس، الصورى :

كان تلميذ أفلوطين وأحد أساطين الأفلاطونية المحدثة، وعرف بأنه جامع القانون ومرتبه.

فرما، بيار دو(١٦٠١-١٦٦٥):

وهو رياضى فرنسى حديث، بحث فى الحساب والاحتمال، وديوفنطس. اتجه كتاب "المسائل العددية" لديوفنطس نحو أبحاث جديدة فى التحليل الديوفنطسى الحديث بالمعنى الذى صاغه باشيه دومزيرياك وبيار فرما فى القرن السابع عشر الميلادي. فالأبحاث التى أثارتها قراءة ديوفنطس هى من أعمال الرياضيين الذين وضعوا أنفسهم خارج الجبر. وأثروا أسلوبًا مختلفًا عن أسلوب "المسائل العددية" لديوفنطس. وسلم أغلب مؤرخى الرياضيات بأن كتاب المسائل العددية يمثل إرثًا من المسائل العددية المكافئة فى معظمها لمعادلات (أو لنظم من المعادلات) غير محددة مندرجة $9>$ وذات مجهولين أو أكثر ولا تحتوى إلا على مقادير نسبية (منطقة). وحلول هذه المعادلات لا بد لها أن تكون أعدادًا نسبية موجبة وأعدادًا صحيحة إذا أمكن ، لكن لم تصغ أيّة شروط حول النقطة. إن المسائل العددية لم تقارب إلا أعدادًا نسبية موجبة. ولم تشر فى أيّة لحظة إلى الأعداد الجبرية الصماء بذاتها ولا إلى معيار لمعرفة إن كان العدد نسبيًا (منطقًا) أو أصمًا بوجه عام. وإذا درس ديوفنطس شروط معرفة

إن كانت الأعداد نسبية أم لا ، فمن أجل البحث عن حل نسبي موجب وحسب. من هنا تفسر تصورات المتغير ، والوسيط ، والقوة ، والحلّ العام عمل ديوفنطس. فعندما بحث ديوفنطس في مسألة "قسمة مربع ما إلى مربعين آخرين" يفسر النص بأنه مسألة معادلة من الدرجة الثانية بمتغيرين مكافئة للمعادلة $x^2+y^2=a^2$. وفى أثناء حله ينسب الرياضى للمعطى a قيمة خاصة ، لذلك رأى بعضهم فى هذا تمثيلاً لوسيط ما فى الحالات المشابهة. من هنا نهضت المشكلة المركبة، أيّ:

(١) مشكلة المجازفة فى إشاعة فكرة أن مقدمة ديوفنطس استطاعت أن تكون مصدرًا للجبر ؛

(٢) الحيلولة دون فهم تيار آخر من الرياضيين الذين رأوا فى عمل ديوفنطس عملا حسابيا.

سمى الجبر بهذا الاسم وتشكل كعلم مستقل بذاته وتطور على صعيد التصور وعلى الصعيد التقني (فضلا عن دراسة المعادلات غير المحددة)، قبل أن يترجم قسطا بن لوقا كتاب المسائل العددية. إذن يبدو ديوفنطس من أتباع الخوارزمى مع أن ديوفنطس، تاريخيا، عاش قبل الخوارزمى بقرون عدة. فالعنوان نفسه لكتاب المسائل العددية [١] ءفنطس قد ترجمه الجبريون خطأ بـ "صناعة الجبر". ظهر التحليل الديوفنطى فى حلقة الأعداد الصحيحة Z ، أى بالمعنى الذى قصده باشيه دى مزرياك فيما بعد ، ظهر فى القرن العاشر فى أفق الترجمة العربية لكتاب المسائل العددية. غير أن التفسير الجبرى لم يؤسس لفهم هذه المسائل الجديدة لعمل ديوفنطس. أسهم كتاب المسائل العددية خلال القرن العاشر الميلادى فى تشكيل فصل حمل اسم ديوفنطس أكثر من مساهمة ديوفنطس فى الجبر. فى القرن العاشر الميلادى ارتبطت أعمال عديدة بالتحليل الديوفنطسى بالمعنى الخاص بالقرنين السادس عشر الميلادى والسابع عشر الميلادي. وقد كان يمكن أن تبدو أعمالاً متناثرة. لكن اتضحت هيكليتها حين ارتبطت بمقدمة ديوفنطس. فظهرت عندها كعناصر لتيار من البحث كان باعثه الأساس قراءة المسائل العددية لديوفنطس. واندمجت المعادلات الديوفنطسية ذات الحلول النسبية (المنطّقة) فى الجبر . وكانت هذه القراءة الحسابية قراءة ممكنة. كان هدف ديوفنطس فى المسائل العددية، هو بناء نظرية حسابية حيث إن عناصرها تشكل الأعداد باعتبارها كثرة من الوحدات، وأجزاءها الكسرية باعتبارها كسورًا لمقادير . إن عناصر النظرية ليست واردة بذاتها وحسب بل كأنواع من الأعداد إن عبارة *EIDOS* التى ترجمها قسطا بن لوقا بكلمة "نوع" وترجمها باشيه بعد ذلك بكلمة "الجنس أو(*Species*) لا تقتصر على معنى "القوة المجهولة" .

فريدونتال، هانز:

وهو مؤرخ الرياضيات الألمانى المعاصر، بحث فى تاريخ الاستقراء الرياضي.

فرينيكل (١٦٠٥-١٦٧٥):

وهو رياضى حديث برهن صيغة مكافئة ل $P_{n+1} = (n+1)\ P_n$.

الفلسفة التقليدية :

كشف رشدى راشد، لدى علماء الرياضيات الذين ألفوا المتون الرياضية فى اللغة العربية، عن تفكير معين حول الرياضيات، أو عن فلسفة محددة فى الرياضيات لم تصدر عن فيلسوف إنما صدرت عن علماء رياضيات. لم يبن علماء الرياضيات الذين ألفوا المتون الرياضية فى اللغة العربيـــة، نظامـــا فلسفيا ، إذا ما قورن بالنظم الميتافيزيقية الشهيرة فى ما سمى باسم القرون الوســطى فـــى التـــأريخ الغربى التقليدي. فهى نتاج الرياضى فى أثناء ممارسته الرياضيات. لذلك لم يذكره مؤرخو الفكر فى ما سمى باسم العصر الوسيط فى التواريخ التقليدية، الذين استحوذت عليهم الفلسفة التقليدية أو علـــم الكلام أو الفقه، أوردة الفعل التقليدية على تلك الاتجاهات التى مثلها آنذاك ابن حزم وابن تيمية.

فلسفة الرياضيات :

فرع من فروع الفلسفة الذى يبحث فى أسس المعرفة الرياضية.

الفلسفة العربية :

الفلسفة فى اللغة العربية سواء كتبها فيلسوف مسلم أو فيلسوف يدين بديانة أخرى.

فوجل، كورت :

أتاح الاكتشاف الحديث لهنجر وفوجل عام ١٩٦٣ لمخطوطة بيرنطية كانت قد أحضرت إلى فيينـــا عام ١٥٦٢، لرشدى راشد المجال لإثبات معرفة الغربيين بالكسور العشرية العربية.

فورييه، ج. :

رياضى فرنسى حديث بحث فى حل المعادلات العددية.

فولهابر، يوهان (١٥٨٠-١٦٣٥):

وهو رياضى ومهندس ألماني، أسس مدرسة تعليم الرياضيات بأولم بألمانيا، والتحـــق بهـــا رنيـــه ديكارت عام ١٦٢٠ .

فون اشليجل، فريدريش (١٧٧٢-١٨٢٩) :

أديب رومانسى وفيلسوف ألماني، وكان كتابه عن "لغة الهند وحكمتها" (١٨٠٨) فاتحة الدراسات الهندية فى ألمانيا والغرب بعامة، فضلا عن تأسيسه "للنحو المقارن". وكان موضوع الفلسفة لديه هو الحياة الذهنية الداخلية *geistige Leben*، وليست هذه الملكة أو تلك من ملكات الفرد التى يُنظر إليها من جهة جزئية، إنما هى حياة الإنسان الروحية بكل طاقاتها الغنية والمتنوعة.

فيات، فرونسوا (١٥٤٠-١٦٠٣):

وهو رياضى فرنسى حديث، بحث فى مجالات الفلك، وفى الكتابة الرمزية الرياضية، وفى حل المعادلات الجبرية من الدرجة الثالثة، وفى العلاقات بين المعاملات والجذور الموجبة، وفى حساب المثلثات، وفى غيرها من المجالات الرياضية.

فيبر، ماكس (١٨٦٤-١٩٢٠) :

عالم الاجتماع، والاقتصادي، والقانوني، الألمانى المعاصر. شملت معارفه الميادين الاجتماعية ("معنى قيمة الحرية فى العلم الاجتماعى والاقتصادي"، فى دورية "لوجوس"، المجلد ٧، ١٩١٧، "المطاعم والمجتمع"، ١٩٢١، ١٩٥٥، ط٤، "مجموع المقالات فى علم الاجتماع والسياسة الاجتماعية"، ١٩٢٤، "مجموع المقالات فى التاريخ الاجتماعى للمطاعم"، ١٩٢٤)، والاقتصادية (الروح البروتستانتينية وروح الرأسمالية"، فى "أرشيف العلم الاجتماعي"، المجلدان ٢٠ و٢١، ١٩٠٥)، والسياسية، والدينية ("مجموع المقالات فى علم اجتماع الدين"، مجلدان، ١٩٢٠-١٩٢١)، والقانونية، والتاريخية، والمعرفية ("العلم بوصفه مهنة"، فى "العمل الروحى بوصفه مهنة"، ١٩١٩، مجموع المقالات فى نظرية العلم"، ١٩٢٢). وقد وضع، من بعد جيورج يلينك، أحد زملائه فى كلية الحقوق فى هيدلبرج، والمفكر الألمانى ج.ف.ف. هيجل، من جهة، ومن قبل العالم الاجتماعى الفرنسي، إميل دوركيم، وديلتي، وج. زمل، وزومبارت، واشبنجلر، وشترن، وفيرر كانت وأ. شبرنجر ويونج، من جهة أخرى، منهجاً فى "النموذج المثالى". والنموذج المثالى هو لوحة فكرية لا تشكيلية، وهو ليس نموذجا تاريخيا، وليس نموذجا يقينياً، إنما هو"صورة" أو تصور محدود أو تصور مثالى محض، نقيس به المحتوى الاجتماعى التجريبي. وبالإمكان أن نضرب مثلا دالا على ذلك من النموذج المثالى للمجتمعات البشرية. يبين ماكس فيبر أننا نحصل عليه من خلال وجهة نظر أو وجهات نظر عدة إزاء مجموعة كبيرة من المجتمعات المنتشرة هنا وهناك. من هنا صنف المجتمعات البشرية إلى مجتمعات عقلانية، حديثة، أوروبية، غربية، مسيحية، نرجسية، آمنة، سالمة، ومجتمعات لاعقلانية متخلفة، تقليدية، قبل رأسمالية، شرقية، بدائية، عنيفة، باقية، فوضوية، الغير

الغربية، البربرية، تعبد القائد، الأب، السحر، الدين، القبيلة، العائلة، مما يؤدى إلى عزل الحضارات الغير الغربية عن مجال الحضارة. ومع إن العوالم والأمم والأقوام والديانات الكبري، ليست كيانـــات شمولية منغلقة بل يؤدى تعيين الحدود المطلقة بين الحضارات البشرية جميعاً، إلى صـــراع رمـــزى بين اليقينيات المطلقة، ويقيم شرخاً عنصرياً بين الشعوب كافة، ويسوغ السلطة الاستعمارية والعنـــف الغربي-الأوروبى فى البلاد الفقيرة، مثلت نقيضه ازدواجية "المتحضرون/المتخلفون"، لحظة حاسمة فى مشروع التوسع الاستعمارى الغربى منذ القرن التاســع عــشر المـــيلادي. وكانـــت الحـــضارة الأوروبية اعتبرت نفسها منذ البداية قاعدة العلاقات الدولية المطلقة، ولفظت خارجهـــا "الآخـــرين"، "غير الأوروبيين"، باعتبارهم "برابرة" يمثلون خطراً على "الهوية الأوروبية".

فيدا، جيورجيوديلا :

مؤرخ الأدب العربى الإيطالى المعاصر.

فيدمان، ايلهارت (١٨٥٣-١٩٣٨) :

فيزيائى ألماني، عنى بتاريخ العلوم الطبيعية العربية، وهو صاحب "إسهامات فى تاريخ العلوم الطبيعية".

فيكه (١٨٢٦ — ١٨٦٤) :

المؤرخ المشهور للجبر العربي. ولد ونشأ بألمانيا. ثم استقر فى فرنسا، ومكث بها حتى وفاته . حقق المقالة فى الجبر والمقابلة للخيام، وترجمها إلى الفرنسية، ولخص نص الكرجى وعلق عليه.

(ق)

قاعدة الأصفار :

منذ القرن العاشر الميلادي، وربما قبل ذلك التاريخ، كشف رشدى راشد فى الأبحاث الحسابية العربية عن قاعدة لتقريب الجذر الأصم المربع والمكعب، وهذه القاعدة كانت تسمى فى تلك الحقبة، باسم "قاعدة الأصفار"، وقد أورد السموأل الصياغة العامة لهذه القاعدة على النحو التالى : *K=1,2,...(A)1/n=(a.10nk)1/n/10k* والتقريب بحسب هذه القاعدة يشمل بالضرورة الكسر العشري.

القبيصي، عبد العزيز (أبو صقر) :

فى النصف الثانى من القرن العاشر الميلادي، درس القبيصي، فى بحث حسابى صغير "فى جمع أنواع من الأعداد"، الأعداد التامة، وذكر قاعدة تشكيل الأعداد التامة الاقليدية، ثم انتقل بعد ذلك إلى الأعداد المتحابة، فأورد، فى هذا السياق، مبرهن ابن قرة. وفى سياق ذكره لقاعدة تشكيل الأعداد التامة الاقليدية، شكل القبيصى على التوالى :

$$Pn = (2n+1-1) + 2n,\ Pn-1= (2n+1-1) - 2n+1,\ qn = 2n+1(2n+1+2n-1\ ) -1$$

قدامه بن جعفر، أبو الفرج بن زياد البغدادى :

صاحب الكتاب الشهير عن الضرائب العقارية.

قُسطا بن لوقا، أبو الصقر إسماعيل بن بلبل قسطا بن لوقا وقيل أبو عبيد الله بن يحيى المعروف بقسطا بن لوقا، (٩١٢):

وهو طبيب، وموسيقي، وفلكي، ورياضى (الهندسة، الأعداد، الأرثماطيقي)، وطبيعي، ونباتي، وهو من مدينة بعلبك فى عهدها العباسي. ويلقب باليوناني، نسبة إلى أصوله اليونانية. وقد عاش فى القرن السادس الهجري/التاسع والعاشر الميلاديين، وقد اختلف مؤرخو العلوم فى تاريخ وفاته، وقد ذكروا أعوام عدة ٢٨٦ه-٨٩٩م، و٣٠٠ه-٩١٢م، و٣١٠ه-٩٢٢م، وتعلم، بالإضافة إلى لغته العربية، اللغتين اليونانية والسريانية، فراح يتجول فى بلاد الروم البيزنطيين (تركيا الآن) للاطلاع على تصانيف اليونان، وكان يعاصره من العلماء فى بغداد، الكندي، وثابت بن قرة، اللذين شجعاه على ترجمة الكتب اليونانية والسريانية إلى العربية. وكان من الرواد الأوائل المؤسسين للحضارة

العربية فى العصر العباسى الأول. وقد اختلف الناس فى زمانه فى الموازنة بينه وبين حنين بن اسحق أيّهما أطب من الآخر. وقد شملت مؤلفات قسطا بن لوقا خلال حياته العلمية فى بغداد وأرمينية، صنفين من الكتب :

أولاً : الكتب المترجمة أو المشروحة من عد ترجمتها. ترجم كتاب "صناعة الجبر" لديوفنطس، عن اللغة اليونانية، إلى العربية وحققه رشدى راشد، وترجم "فهرس مصنفات جالينوس"، و"تحرير المساكن"، و"تحرير كتبا الأكر" للعالم اليونانى السكندرى ثاوذوسيوس، و"الأصول" لإقليدس، و"أصول الهندسة" لأفلاطون؛

ثانياً : الكتب المصنفة فى الطب والهندسة ("كتاب فى رفع الأشياء الثقيلة"، و"الوزن والكيل"، و"ميزان وزن الذهب") والرياضيات ("المدخل إلى علم الهندسة"، شكل الكرة والأسطوانة"، "البرهان على حساب الخطأين") والفلك ("المرايا المحرقة"، "العمل بالإسطرلاب الكري") والطبيعة والنبات وعلم الأحياء. ومن مراجعه ومصادره : الفهرست، ٢٤٣، ٢٩٥، تاريخ الحكماء، ص ٢٦٢، عيون الأنباء، ١، ٢٤٤، ٢، ص ١٧١، ٢٤٤، ابن العبري، تاريخ مختصر الدول، ص ٢٧٤، حاجى خليفة، كشف الظنون، ج٢، ص ٦٨٢ .

(ك)

كاجوري، فلورين :

مؤرخ الرموز الرياضية الألمانى المعاصر

كارميشيل، روبرت دانييل :

مؤرخ نظرية الأعداد المعاصر

الكاشي، غياث الدين جمشيت (ت١٤٣٦-١٤٣٧) :

أثبت المؤرخ الألمانى ب. لوكي، عام ١٩٤٨، أن "مفتاح الحساب" للكاشى يحتوى علـــى عــرض للكسور العشرية.

كانتور، موريتز (١٨٢٩-١٩٢٠) :

أحد رواد تاريخ الرياضيات فى ألمانيا فى أواخر القرن التاسع عــشر المــيلادي، وأوائـــل القـــرن العشرين. واشتهر بخاصة بكتابه "محاضرات فى تاريخ الرياضيات"، ٤أجــزاء، ليبــزيج، تــوبنر، ١٨٨٠-١٩٠٨ .

كاهين، س :

مؤرخ الإسلام المعاصر

كتب

- **الأصول :**

هو كتاب "الأصول الهندسية" لإقليدس

- **الباهر فى الجبر :**

هو كتاب السموأل بن يحيى بن عباس المغربى (متوفى حوالى سنة ٥٧٠ هـــ / ١١٧٥ م)

- **بحث الاقليدسى للإقليدسي**
- **البحث فى محيط الدائرة للكاشي**
- **البديع فى الحساب**

للكرجي، أبوبكر محمد بن الحسن، تحقيق عادل انبوبا، بيروت، الجامعة اللبنانية، ١٩٦٤، الجامعة اللبنانية، قسم الدراسات الرياضية.

- **التكملة فى الحساب**

للبغدادي، أبو منصور عبد القاهر بم طاهر

- **التناغم الشامل لمرسن**
- **الدور والوصايا للكرجي**
- **الشفاء لابن سينا**
- **العقود والأبنية للكرجي**
- **العين للفراهيدي،**
- **الخليل بن أحمد بن عمرو بن تميم**
- **الفخرى للكرجي**
- **الفصول للإقليدسي**
- **فى استخراج الكعاب وأضلع ما وراءه من مراتب الحساب للبيروني**
- **فى الحساب الهندى للكرجي**
- **فى الكرة والأسطوانة لأرشميدس**
- **القوامى فى الحساب الهندى للسموأل**
- **كتاب الجبر والمقابلة للخوارزمي**

وهو أحد أشهر وأهم الكتب التى ألفت فى الرياضيات فى القرن الثالث الهجري/التاسع الميلادي، ويعد ظهور هذا الكتاب حدثا مميزا فى تاريخ الرياضيات، فكانت هذه هى المرة الأولى التى تظهر فيها كلمة الجبر فى عنوان الكتاب، ولم تخف أهمية هذا الحدث على رياضيى ذلك القرن أو القرون التالية.

- **المثلث الحسابى لبليز بسكال**
- **المدخل فى علم النجوم للكرجي**
- **المسائل العددية لديوفنطس**

- **المعروف والمشروع لأبى كامل**
- **مفاتيح العلوم للخوارزمى الكاتب**
- **مفتاح الحساب للكاشي،**

وهى موسوعة رياضية بالغة الأهمية ظهرت فى القرن التاسع الهجري/الخامس عشر الميلادي، تناول فيها مؤلفها، الكاشي، علم الحساب بأوسع معانيه.

- **نوادر الأشكال للكرجي**
- **الوزراء والكتاب للجهشياري**

الكَرَجي، الكرخي، أبو بكر بن محمد الحسين أو الحسن (١٠٠٠ م) :

لا نعرف عن حياته إلا النزر اليسير. اسمه نفسه موضع نظر. وقد عرف منذ ترجمات ويبكه وهو كهايم بالكرخي، ومؤرخو الرياضيات بهذا الاسم. لكن جيورجيوديللا فيدا وضع الكرجي مكان الكرخي عام ١٩٣٣ .

كردان، جيروم (١٥٠١-١٥٧٦) :

تنهض صياغة كردان-ترتاليا على النحو التالى :الجذور المركبة الثلاثة للمعادلة $x3+px+q = 0$ هى $+ju$ $j2va=u+v,b=ju+$ و $c=j2u+jv$ حيث $j=ei2/3=01/2+i3/2$ وحيث u و v هما عددان مركبان بحيث أن :$v3=-q/2-(p/3)3+(q/2)2$ و $u3=-q/2+(p/3)3+(q/2)2$

الكسور العشرية :

الكسر العشرى هو كسر حقيقى مقامه من قوى العدد ١٠ ويكتب بصورة خاصة مثل $005,0,23,0,2$ ويُسمى الرمز " ، " الفاصلة العشرية. ظل اكتشاف الكسور العشرية، فى تاريخ الرياضيات، لوقت غير قصير، من دون تأثير حقيقي، ومن دون مس، وظل متواريا فى "غياب نسبي"، بعيدا عن المخطوطات الرياضية المنتجة. هذا الاكتشاف لم يفرض نفسه عند ظهوره كعنصر فاعل من عناصر الممارسة الرياضية، لكن هذا الاكتشاف قد تم وتنوقل فى التاريخ. وإن بدا هذا الانتقال تراثا بسيطا فى تتابع المؤلفين، لا بوصفه اتصال فصل من الرياضيات المستقرة، فقد أصبح منذ ذلك الوقت مكسبا لتاريخ الرياضيات. كتب أبو الحسن أحمد بن إبراهيم الإقليدسى (٩٢٠-٩٨٠) النص المعروف القديم الذى يعرض فيه لمعالجة مباشرة للكسور العشرية. استعمل الاقليدسى الكسور العشرية فى ذاتها، وقدر أهمية العلامة العشرية، واقترح علامة عشرية، وذلك كما أورد أحمد سعيد

سعيدان، فى بحثه عن "الحساب العربى المبكر"، فى مجلة "إيزيس"، المجلد ٥٧، العدد ١٩٤، ١٩٦٦، ص ٤٧٥-٤٩٠، لكن رشدى راشد عدل هذه الأسبقية "العرضية" للإقليدسى فى ابتكار الكسور العشرية، ووضع مكان الأسبقية العرضية، اتصالا ضروريا لاحقا لفصل من فصول الرياضيات، وكشف عن الكسور العشرية لدى جبريى القرنين الحادى عشر الميلادى والثانى عشر الميلادى بعامة، ولدى السموأل المغربى بخاصة. ففى بحث السموأل عن "القوامى فى الحساب الهندي" المؤلف فى العام ١١٧٢، أى قبل وفاة السموأل بعامين، عرض السموأل للكسور العشرية. ووضع رشدى راشد هذا الكشف فى القرنين الحادى عشر والثاني، قبل "مفتاح الحساب" للكاشى (١٣٨٠-١٤٢٩)، أى قبل الفترة إلى حددها بول لاكى فى كتابه عن الكاشى عام ١٩٥١ .

كفاياس، جون (١٩٠٣-١٩٤٤):

وهو فيلسوف ورياضى فرنسي، قاوم الغزو النازى لفرنسا فى الحرب العالمية الثانية، فأعدمه النازيون. وأسس لفلسفة التصور وللانفتاح على نظرية العلم بعامة، ونظرية الرياضيات، بخاصة، فى "منهج المصادرات والشكلانية"، ١٩٣٧، "حول منطق العلم ونظريته"، كتاب صدر بعد وفاته، ١٩٤٧).

الكندي (نحو بداية القرن التاسع الميلادى – نحو نهاية الثلث الثانى من القرن التاسع الميلادي):

أبو يوسف يعقوب بن إسحاق بن الصباح بن عمران بن إسماعيل ابن محمد بن الأشعث بن قيس بن معدى كرب، ولقب بلقب "فيلسوف العرب"، عدا أنه كان طبيبا ورياضيا وحسابيا ومهندسا ومنجما ومنطقيا. وكان أبوه اسحق بن الصباح أميرا على الكوفة للمهدى والرشيد. وكان يعقوب ابن اسحق الكندى عظيم المنزلة عند المأمون على أنه مترجم وعلى انه عالم فى وقت واحد. واختلفوا فى ملته فقال البعض إنه كان يهوديا ثم اسلم، وقال البعض الآخر إنه كان مسيحياً. وكان أحد النقلة الأربعة الذين ترجموا بصفة خاصة من اليونانية إلى العربية، جنبا إلى جنب مع نقول حنين بن اسحق وترجمات ثابت بن قرة وعمر بن الفرخان الطبري. وضلع الكندى فى لغات فارس، والهند، إلى جانب اليونانية. وللكندى مختصرات وتفاسير. واستعمل اللغة اليونانية فى إعداد نسخة عربية مراجعة من ترجمة إقليدس. ومن مراجعه ومصادره : أحمد فؤاد الأهواني، الكندى فيلسوف العرب، القاهرة، سلسلة أعلام العرب، وزارة الثقافة والإرشاد القومي، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والطباعة والنشر، من دون تاريخ، مصطفى عبد الرازق، فيلسوف العرب والمعلم الثاني، القاهرة، ١٩٤٥، الأب مكارثي، التصانيف المنسوبة إلى فيلسوف العرب، ١٢٢ صفحة، بغداد، ١٩٦٢، أحمد فؤاد الأهواني، ثلاث رسائل، كتاب الكندى فى الفلسفة الأولى، القاهرة ١٩٤٨، رسالة

النفس، مجلة الكتاب أكتوبر ١٩٤٨، رسالة العقل، مع تلخيص كتاب النفس لابن رشد وأربع رسائل، ١٩٤٩، د. أبو ريدة، مجموعة رسائل الكندي، مجلدان، القاهرة، ١٩٥٠، ١٩٥٤،محمـد مبـارك، الكندى فيلسوف العقل، القاهرة، وزارة الإعلام، مديرية الثقافة العامـة، كتـاب الجمـاهير، ١٩٧١، الإبراشي، أعلام الثقافة، ص٢٣، السُبكي، طبقات الـشافعية، ج٣، ص٢٧، الـشهرستاني، الملـل والنحل، ج٣، ص٣، البيهقي، تتمة صوان الحكمة، ص٢٥-٢٦، ابن أُصيبعة، عيون الإنبـاء، ج١، ص٢٠٦-٢٠٧، ج٢، ص ١٧٩-١٨٠، القِفطي، تاريخ الحكماء، ص٣٤-٣٦، ص٣٦٦-٣٦٧، أبو حيان التوحيدي، المقابسات، ص ٨٥، رضا كحالة، معجـم المـؤلفين، ج١٣، ص ٢٤٤، د. عبـد الرحمن بدوي، "فن الشعر" لأرسطوطاليس، ص ٥١ من المقدمة، أمير على، "روح الإسـلام"، ص ٣٥٩-٤١٢، ابن جلجل، "طبقات الأطباء والحكماء"، ص٧٣-٧٤، د. عبـد الـرحمن بـدوي، دور العرب فى تكوين الفكر الأوربي، بيروت، دار الآداب، ١٩٦٥، ص١٣١ : "هل كان الكندى يعـرف اليونانية؟"، صاعد الأندلسي، طبقات الأمم، ص٤٧، حاجى خليفة، كشف الظنون، ج٢، ص ٦٨٢ .

كورييه، ألكسندر (١٨٩٢ — ١٩٦٤):

مؤرخ العلوم والفلسفة الفرنسى الروسى الأصل ألكسندر كويريه *A. Koyré* ولـد بروسـيا، ودرس الفلسفة والرياضيات فى فرنسا وألمانيا، ثم درَّس تاريخ العلوم وتاريخ الفلسفة فى فرنـسا، وجامعـة القاهرة، والولايات المتحدة الأمريكية. وله مؤلفات عدة فى تاريخ العلوم وتاريخ الفلـسفة. وتختلـف ابستومولوجيا رشدى راشد اختلافا جوهريا عن ابستومولوجيا أستاذه ألكسندر كويريه التـى كانـت أقرب إلى ابستومولوجيا ميرسون.

كورنو، أنطوان أغستان (١٨٠١-١٨٧٧):

وهو فيلسوف فرنسي، ويعتبر أحد مؤسسى علم الاقتصاد الرياضي.

كونت. أوجست (١٧٩٨-١٨٥٧) :

هو المنشئ الحقيقى للمذهب الوضعى الحديث

كوهن. أ (١٨١٣-١٨٨١)، :

وهو عالم الاساطير والأديان المقارنة الألماني.

كوهن. توماس:

العالم ومؤرخ العلوم المعاصر صاحب "بنية الثورات العلمية"(١٩٦٢)، حيث بحث فى الجواب على السؤال : ما الثورات العلمية؟ ما وظيفتها فى التطور العلمي؟

كينه، ادجار (١٨٠٣-١٨٧٥) :

أديب ومؤرخ فرنسي

(ل)

لاجرونج، جوزيف لوسى (١٧٣٦-١٨١٣) :

رياضى فرنسى صاحب "الميكانيكا التحليلية" (١٧٨٨).

لاسن، كريستيان (١٨٠٠-١٨٧٦) :

عالم لغة نرويجي، مختص بدراسة اللغات الهندية

اللبان، محمد بن محمد (حوالى ١٠٠٠) :

لخص كتاب "الكافي" للكرجي.

اللغة السنسكريتية :

أهم حادثة طرأت فى القرن التاسع عشر الميلادي، هى بلا منازع، العناية باللغة السنسكريتية. ومع ذلك لا بد من التنويه بأن أوائل اللغويين فى أوربا قد اتصلوا مباشرة بذلك الوصف التقطيعى الممتاز الذى قام به النحويون الهندوس. لكن هذا الاتصال لم يؤثر تأثيرا مباشرا فى رصد الظواهر الصوتية كذلك لم يفد مؤسسو علم اللغة فائدة مباشرة من تلك التحقيقات الدءوبة المثمرة التى قام بها قبل ذلك التاريخ بثلاثة قرون، دعاة الإصلاح فى الكتابة وأساتذة اللغات الأجنبية. وقد انطلق الأسلوب المقارن الناشئ فى عمله من الحروف لا من الأصوات، على غرار ما فعلوا منذ أرسطو من اقتفى أثره فى تقليد حرفى فقد معناه.

لوكي، بول :

هو مؤرخ الرياضيات الألماني. وتدور أعماله حول تاريخ الحساب العربى بخاصة.

ليفى بن جرسون :

رياضي، بحث فى الاستقراء الرياضي

(م)

ماسينيون، لويس (١٨٨٣ – ١٩٦٢) :

أحد أبرز المستشرقين الشعراء الصوفيني الفرنسيين المعاصرين.

المبدأ الدلالى :

تصير الدلالة الأدبية عبارة عن مقابلات متعددة بين أشكال الدال وأشكال المدلول التى تنقسم إلى فروع جزئية تتمثل فى "الدليم" *SEME*وفى "الدليم الجامع" *SEMEME*. فالدلالة مجموعة الدليم الجامع الدليم السياقى والنواة الدلالية، فيقسم الباحث النص إلى تراكيب متواترة مطردة مترادفة تميز الكتابة وتدلى بأهم وظائفها البنيوية وثبت الوظائف ووظيفة فى توزيع تقابلى زوجى شمل وظيفة لا يخلو من المصادفة إذ يمكن إضافة التأليف والاقتصاد لعدد الوظائف حسب بناء ثلاثي. فجملة الوظائف فى النص الأدبى تؤلف نحوا موغلا فى التجرد والشكل هى موضوع العلامات الأدبية التى تعالج النصوص الشعرية والنصوص النثرية وأبرز ما يميز العلامات ذلك الضبط للعلاقة بين شكل الدال وشكل المدلول فى مستوى إيقاعى صوتى ومستوى تركيبي. ويمكن أن يكون الشكل البيانى للخطاب طريفا فى وصف علامات النص.

مبرهنة بيزوت :

فى حلقة رئيسية *A*، تكون العناصر $a1, a2, ..., an$ أعداداً أولية فيما بينها، وفى مجموعها، إذا، وفقط إذا، قامت العناصر $x1, x2, ..., xn$ فى مجموع *A*، بحيث$x1a1, x2a2, ..., xnan = 1$. وقد أوردها باشيه فى سياق الأعداد التامة. أما بيزوت فقد برهن عليها واستخدمها فى سياق كثيرة الحدود.

المبرهنة الصينية الشهيرة :

درس ابن الهيثم حالة خاصة من حالات المبرهنة الصينية الشهيرة، وقد أورد رشدى راشد نص ابن الهيثم للمرة الأولى فى تاريخ الرياضيات، وهو النص الذى نقل ولم يترجم بدقة إلى اللغة الألمانية فى كتاب أ. فيدمان، "محاضرات فى تاريخ العلوم العربية" تحت عنوان :

" *Ein von Ibn Haitam gelostes Zahlentheorem*

مبرهنة فرما :

مبرهنة الرياضي الفرنسي بيار فرما

أ – مبرهنة فرما الصغيرة

إذا p هو عدد أول، وإذا a هو عدد تام، إذنa^p-a تقبل القسمة على p. وقد أورد فرما من دون برهان هذه المبرهنة عام ١٦٤٠ فى رسالة إلى صديقه برنار فرنيكل دوبسى (١٦٠٥-١٦٧٥). وبرهن ليبنيتز وأويلر على هذه المبرهنة.

ب– مبرهنة فرما الكبيرة

إذا n هو عدد أعلى أو مساوى ل ٣، فالمعادلة $x^n + y^n = z^n$ لا تقبل أى حل (x, y, z)، مع x, y وz هى أعداد تامة طبيعية – 0 . وقد أورد بيارفرما مبرهنته التى تحمل اسمه –مبرهنة فرما الكبيرة– فى هامش الكتاب الثاني، المسألة الثامنة، من أعمال ديوفنطس.

المدرسة الجبرية الإنجليزية :

مثل ج. بيكوك ومورجان رمزين من رموز المدرسة الجبرية الإنجليزية التى سمت "الاستقراء الرياضي" باسمه الحديث المعروف الآن.

المسعودي، على بن الحسين :

فى طليعة مؤرخى الإسلام الذين جمعوا بين التاريخ والجغرافيا، فهو مؤرخ وأخباري، وهو فى الوقت نفسه جغرافي.

المصري، أبو الحسن على بن يونس :

كان أحد الرياضيين العرب الذين درسوا الدوال الحسابية الأولية فى القرن الثالث عشر الميلادى وما سبقها من دخول للطرائق الجبرية فى نظرية الأعداد. كان الرياضيون العرب المتأخرون قد سجلوا دخول الطرائق الجبرية وذكر أحدهم فى معرض تصويره لتاريخ الأعداد المتحابة أن هناك طرقًا عديدة لتحديد الأعداد المتحابة من الطرائق الجبرية. ومنها ما ذكره أبو الحسن على بن يونس المصري.

المعادلات التربيعية:

هى المعادلات من الدرجة الثانية، وهى معادلات فى متغير واحد من الدرجة الثانية، وصورتها العامة هى : أس٢ + ب س + ج = صفراً.

المعادلات التكعيبية :

هى معادلات من الدرجة الثالثة.

المعادلات الجبرية:

هى عمليات محدودة تجرى على الأعداد مثل الجمع والطرح والضرب والقسمة واستخراج الجذور والرفع إلى القوى، على ألا تستخدم العمليات عددا لانهائيا من المرات.

المعادلات العددية :

هى المعادلات التى تكون فيها معاملات المجاهيل والحدود المطلقة أعداداً مثل المعادلة :
٣س٢ - ٢ س + ١ = ٠

مونتوكلا، جون إيتيان (١٧٣٥-١٧٩٩) :

وهو رياضى فرنسي، اشتهر بكتابه عن "تاريخ الرياضيات".

المنهج التقهقرى :

هو منهج رشدى راشد الذى يرى فى محاولة بليز بسكال الرياضى الفرنسي، تمثيلا لا حصراً، إتماما لمحاولتى الكرجى والسموأل، بينما تظهر محاولة بيانو متممة لمحاولات بدأها بليز بسكال. وكى لا يكون المنهج التقهقرى فى كتابة تاريخ الرياضيات منهجا مبتذلا، اختار رشدى راشد الإنجاز الذى كان إنجازا لبدء ضروري، بوصفه نقطة انطلاق فى الماضي. إن المرجع المزدوج الضرورى لرشدى راشد يؤسس للاستنتاج بأن طرق البرهان لكل من الكرجى والسموأل، تمثيلا لا حصراً، - $R1$ بنحو خاص والبرهان التراجعى إلى حد ما- هى بداية الاستقراء الرياضي، وذلك فى حال التسليم بأن بيلز بسكال هو نقطة الانطلاق فى البحث التاريخي.

موراي، ج. :

رياضى فرنسى حديث بحث فى حل المعادلات العددية

مورجان، وليم ولسون :

جبرى انجليزى بحث فى الاستقراء الرياضي.

موروليكو:

رياضى بحث فى الاستقراء الرياضي.

موسى بن ميمون اليهودى الأندلسي (٥٢٩ هـ - ٦٠٥ هـ):

أو الرئيس أبو عمران موسى بن ميمون عبيد الله، الفيلسوف العبرى أو الإسرائيلى القرطبي، واسمه موسى بن ميمون بن يوسف أو *MAIMONIDES* كما يسميه الكتاب الأوروبيون. وهو يهودى أسلم، وله إسهام فى التراث اليونانى القديم، فى اللغة العربية، والرياضيات -فقد هذب كتـاب الاستكمال لابن هود فى الرياضيات-، والطب، والفلسفة، والفلسفة الرياضية، وهو صاحب "مرشد الحـائرين" أو"دلالة الحائرين" -ترجم صموئيل بن طبون هذا الكتاب من العربية إلى العبرية فى أواخـر عهـد هال ليفي، أما النص العربي، ويقع فى ثلاثة مجلدات، فقد نشره مونك فى باريس بين عامى ١٨٥٦ و١٨٦٦، كما نشر فريدلاندير ترجمة إنجليزية له فى لندن عام ١٨٨٤- و"كتاب الـشرائع"، ومـن مراجعه : عيون الأنباء، ٢، ١١٧، أخبار الحكماء، ٢٠٩ .

موللر، ماكس (١٨٣٣-١٩٠٠) :

عالم الأساطير المقارنة الألمانى المولد والنشأة.

مونمور، بيار ريمون دو (١٦٧٨ - ١٧١٩) :

رياضى فرنسى حديث بحث فى تحليل ألعاب الحظ والتحليل التوافيقي.

(ن)

نابيه :

رياضى بحث فى الدوال اللوغاريتمية

نسلمان، جورج فرديناند (١٨١١–١٨٨١) :

وهو مؤرخ الرياضيات الألماني.

النسوي، على بن أحمد :

أحد الحسابيين السابقين لمدرسة الكرجى الذين حصروا تطبيق قاعدة "التقريب الاتفاقي" فى القوى_3

نظرية الأعداد :

وهى فرع من فروع الرياضيات يبحث فى خواص الأعداد الصحيحة، من حيث كونها أولية، أوغير أولية، ومن حيث قابلية قسمتها بعضها على بعض.

نظرية فيثاغوراس :

فى المثلث القائم الزاوية تكون مساحة المربع المنشأ على الوتر مساويةً لمجموع مساحتى المـــربعين المنشأين على ضلعى الزاوية.

نظرية النسبة :

خارج قسمة عدد على عدد أو مقدار على مقدار يسمى النسبة بين هـــذين العـــددين أو المقـــدارين، ويوجد هذا الخارج من أجل المقارنة بين العددين أو المقدارين.

نظرية الوظيفية المثلى للغة :

الإعداد المسبق لبنية القاموس

نيقوماخوس (حوالى ١٠٠م):

وهو رياضى يونانى قديم بحث فى الحساب.

نيوتن، اسحق (١٦٤٢–١٧٢٧) :

رياضي وفيزيائي انجليزي. بحث في الرياضيات، والميكانيكا، والرياضـــيات التطبيقيـــة، والفلـــك، والمناظر، وفيزياء الضوء.

(هـ)

هارا، كوكيتى :

مؤرخ العلوم. جعل من بليز بسكال البداية المطلقة للاستقراء الرياضى فى التاريخ.

هاريوت، ث :

مؤرخ التحليل الرياضى المعاصر

همبولت، الكسندر فون (١٧٦٩-١٨٥٩) :

هو أخو فيلهيلم فون همبولت، وكان جغرافيا ورحالة، ويعتبر كالمكتشف العلمى للقارة الأمريكية. وأما فيلهيلم فون همبولت (١٧٦٧-١٨٣٥)، فقد وفد إلى باريس (عام ١٧٩٧) حيث أمضى سنتين تقريبا فى التحصيل والعلم. ثم أقام مرتين فى مقاطعة الباسك فى جنوب فرنسا فى عامى ١٨٠٠ و١٨٠١، ليطلع على لغتها. بعدئذ باشر عمله الدبلوماسى سفيرا لمقاطعة بروسيا لدى روما وفيينا. وأوفد إلى مؤتمرات فيينا وزيرا مفوضا مطلق الصلاحية، ثم سفيرا إلى لندن، وكان قبل ذلك التاريخ، أى بين عامى ١٨٠٨-١٨١٠، مديرا للتعليم فى وزارة الداخلية، ومؤسس جامعة برلين عام ١٨١٠ . وصار وزيرا عام ١٨١٨، لكنه اضطر إلى الاستقالة بعد سنة عندما خاب سعيه. وكان قد درس -عدا اللغات الكلاسيكية- لغات الهنود الحمر فى أمريكا الشمالية، واللغة السنسكريتية والصينية والمجرية والتتارية واللغات السامية، فضلا عن اليابانية والبرمانية، ولغة كاوى المنتشرة فى جزيرة جاوا.

هنجر، هربرت :

مؤرخ العلوم من القرن الخامس عشر الميلادي.

الهندسة الجبرية :

هي، فى المدلول التقليدي، هندسة حلول المعادلات المتعدّدة الحدود بواسطة الأعداد المركّبة. وتدرس الهندسة الجبرية الحديثة أيضا المتنوعات الجبرية، التى هى تعميم لمجموعات حلول المعادلات المتعدّدة الحدود بواسطة الأعداد المركّبة، وغير المركّبة، كالحقول المنتهية.

الهندسة المترية :

بدا الجبر لرشدى راشد من قراءة كتاب الخوارزمى فى الجبر والمقابلة، علما نظريا لــه تطبيقاتــه العملية فى مجال الأعداد كما فى مجال الهندسة المترية.

هنكل، هرمان :

مؤرخ الرياضيات فى العصر القديم والعصر الوسيط.

هورنر، وليم (١٧٨٧-١٨٣٧) :

وهو رياضى إنجليزي، وارتبط اسمه بمنهج حساب تقريبى للجذور فى المعادلة العددية، وتخطيط هــورنر هو على النحو التالى : $P = a_0 X^n + a_1 X^{n-1} + ... + a_{n-1} X + a_n$ هو كثير الحدود من الدرجة n و x هــو عنصر من جسم الأساس، فتخطيط هورنر هو حساب $P(x)$ فى صورة :

$$P(x) = (...(((a_0x + a_1)x + a_2)x + a3)x + ... + a_{n-1})x + a_n.$$

هوكهايم :

رياضى ألمانى معاصر ومؤرخ لأعمال الرياضى الكرجي

هيث، ث :

رياضي، ومؤرخ ومترجم كتاب "الأصول" لأقليدس، وصاحب الموسوعة التاريخية المرجعيــة فــى تاريخ الرياضيات اليونانية والصادرة للمرة الأولى عام ١٩٢١ فى انجلترا.

(و)

وارينج، أ. (١٧٣٤ – ١٧٩٨) :

رياضى ومؤرخ سجل فى عام ١٧٧٠ ولادة مبرهنة ويلسون

واليس، جنيفر (١٦١٦ – ١٧٠٣):

انتقده جاك برنويى فى كتابه عن "فن الافتراض" بوصف الاستقراء ليس أسلوبا علميا، ويقضي، من جهة أخرى، بالاجتهاد الخاص فى كل سلسلة على حدة.

وايتهيد، ألفرد نورث (١٨٦١-١٩٤٧):

رياضى وفيلسوف إنجليزى معاصر، وألف، مع ب. راسل، الكتاب المهم فى "المبادئ الرياضية"، ١٩١٠-١٩١٣، ١٩٢٥-١٩٢٧، ط٢، وألف، وحده، "تنظيم الفكر"، ١٩١٦، "بحث فى مبادئ المعرفة الطبيعية"، ١٩١٩، ١٩٢٥، ط٢، "أسلحة التربية"، ١٩٢٩، "تصور الطبيعة"، ١٩٢٠، ١٩٢٦، ط٢، "العلم والعالم الحديث"، ١٩٢٦، ١٩٤٦، ط٢، "وظيفة العقل"، ١٩٢٩، "العملية والواقع" (محاولة فى الهيئة)، ١٩٢٩، ١٩٣٠، ط٢، "مغامرات الأفكار"، ١٩٣٣، ١٩٤٧، ط٢، "أنماط الفكر"، ١٩٣٨، "محاولات فى العلم والفلسفة"، ١٩٤٧.

وايلتنر :

أحد مؤرخى العلوم المحدثين الذين أعادوا رسم تاريخ طريقة فيات.

ويلسون، جوان :

عالم الجبر الأشهر فى الرياضيات وصاحب مبرهنة تحمل اسمه هى "مبرهنة ويلسون". فقد كشف جوان ويلسون عن خاصية الأعداد الأولية.

ويبك، فرانز :

مؤرخ العلوم الغربى الحديث الذى مثلت أعماله واحدة من تلك الاستثناءات النادرة فى التأريخ الغربى الحديث للرياضيات العربية وفلسفتها.

ويتاكر، ادموند تايلور :

رياضى تمثل التاريخ النهائى لحل المعادلات العددية والجبر.

وايتسايد، ديريل توماس :

هو المحقق لآثار اسحق نيوتن الرياضية تحت عنوان :

The Mathematical Papers of Isaac Newton, Cambridge, Mass, London, University Press, 1964.

(ي)

اليزدي، شرف الدين :

سجل محمد بكر اليزدى أن الكاشي، وهو يصوغ مبرهنة ابن قرة، نسى أن qn يجب أن يكون أولياً، وذكر أنه قاد إلى خطأ آخر، فقد اعتبر الكاشى أن ٢٠٢٤ و٢٢٩٦ هما عددان متحابان، ولـم ينتبـه إلى ذلك الخطأ، بل أخطأ خطأ آخر فى ذكره القواسم الفعلية للعدد ٢٢٩٦ ، وبعد الكاشـي، أخطـأ شرف الدين اليزدى فى كتابه "كنه المراد فى علم الوفق والأعداد"، حسب محمد بكر اليزدي.

اليزدي، محمد بكر (ت عام ١٦٣٧ تقريباً):

وهو رياضى ذكر كتاب "مفتاح الحساب" والكسور العشرية كما عرض لها الكاشي. ولجأ اليزدى إلى الكسور العادية والكسور الستينية. وسجل اليزدى أن الكاشي، وهو يصوغ مبرهنة ابن قرة، نسى أن qn يجب أن يكون أولياً، وذكر أنه قاد إلى خطأ آخر، فقد اعتبر الكاشـى أن ٢٠٢٤ و٢٢٩٦ همـا عددان متحابان، ولم ينتبه إلى ذلك الخطأ، بل أخطأ خطأ آخر فى ذكره القواسـم الفعليـة للعـدد ٢٢٩٦ .

يونج، ج. ر. :

رياضى مؤرخ لحل المعادلات العددية والجبر، فيما بين شرف الدين الطوسى وفيات.

مصطلحات الهندسة والمناظر والفلك

(A)

Abérration, Aberration زيغ

يطلق على معان : (١) التقزح الحادث عند نفوذ الضوء الأبيض فى العدسات ويقـال عنـه الزيـغ اللوني؛ (٢) التغير الظاهرى الدورى الذى يشاهد فى مواضع النجوم الثوابت مـن جـراء حركـة الأرض فى فلكها حول الشمس ويقال عنه الزيغ الفلكي؛ (٣) الظاهرة التى تتلخص فى أن الحزمـة الضوئية إذا كان سهمها على سمت محور السطح الكري، فإن مجموعات الأشعة التى تكـون نقـاط سقوطها على السطح دوائر حول المحور إذا انعكست أو انعطفت عنـد الـسطح تتلاقـى هـى أو امتداداتها كل فى نقطة على المحور ويقال عنها الزيغ الكري.

Abscisse, Abscissa (coordonnée X) إحداثى سينى

الإحداثى السينى للنقطة، فاصلة النقطة أو سين النقطة، هو المسقط الأول للزوج المرتب الذى يمثـل النقطة، ويساوى بعد النقطة عن محور الصادات، مقيسا فى اتجاه يوازى محور الـسينات فالنقطـة (٣،٤) مثلا احداثيها السينى ٣ . وهى تشتق من اللفظ اللاتينى *abscissa : abscissa linea* (وهـو يعنى الخط المقطوع)، ومن اللفظ اللاتينى أيّضا *abscidere* وهو يعنى القطع، ويرجع المصطلح إلى ليبنيتز (١٦٤٦-١٧١٦). لكن كاجورى (١٩٠٦، ص ١٨٥) أورد أن اللفظ *abscissa* ظهر للمـرة الأولى فى عمل لاتينى صدر عام ١٦٥٩، وكان صاحبه هو ستيفانوديللى أنجللى (١٦٢٣-١٦٩٧)، وكان أستاذا للرياضيات بروما، وقد نسب كاجورى ذلك إلى موريتس كانتور.

Algorithme, Algorithm خوارزمية

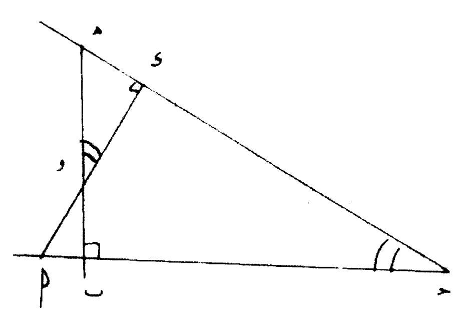
طريقة مبرمجة ذات خطوات منتهية تؤدى إلى حل أو نتيجة مبتغاة، وهى منسوبة إلـى الرياضـى محمد بن موسى الخوارزمي.

Angle زاوية

الزاوية شكل يتكون من نصفى مستقيمين يبدآن من نقطة واحدة هى رأس الزاوية *vertex*، ويـشتق اللفظ *Angle* من اللفظ اللاتينى *Angulus* الذى ظهر فى القرن الثانى عشر الميلادي، والذى يـشتق بدوره من السنسكريتية *ank*- أو *ang*-، الذى يشير إلى فكرة الانحناء..

Anti-parallèle, Anti-parallel مختلفا التوازى

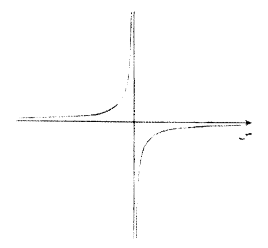
يسمى الخطان أ ح، أ ء، مختلفى التوازي، إذا صنعا، مع خطين آخرين، مثـــل هــــ ب ، هــــ ح، زوايا بحيث تكون الزاوية التى يصنعها أ ح مع هــ ب مساويا للزاوية التى يصنعها أ ء مع هــ ح،



وتكون الزاوية التى يصنعها أ ح مع هــ ح مساوية للزاوية التى يصنعها أ ء مع هــ ب، كما فـــى الشكل التالى :

Asymptote, Asymptote محور اقتراب، خط اقتراب

إذا سارت نقطة بحيث تقارب خطا ما ولكنها لا تصل إليه سمى هذا الخط خط اقتراب أو محور اقتــراب بالنسبة إلى النقطة :



محور

Axe, x-Axis

المحور السيني. وقد ظهر اللفظ فى اللغة الإنجليزية فى عبارة "محور ارتفاع المخروط" عام ١٥٧١.

Axes de coordonnées, Axis of coordinates محور الإحداثيات

الإحداثى السيني، وهو الخط الذى يقاس عليه (أوعلى موازاته) الاحداثي.

(B)

Bissectrice, Bisector منصِّف زاوية

مستقيم يمر برأس الزاوية ويقسمها إلى زاويتين متساويتين.

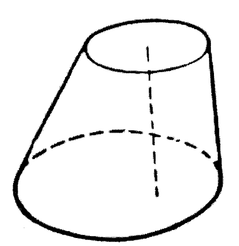
(C)

Circle دائرة

هى منحنى مستو مغلق تبعد جميع نقاطه بعدا ثابتا عن نقطة واقعة فى مستوية، ويسمى مركز الدائرة، كما يسمى البعد الثابت نصف قطر الدائرة.

Cone, Cône مخروط

هو مجسم تحيط به قطعة من سطح مستوٍ تسمى قاعدة *BASE* المخروط، وسطح جانبى يتولد عن قطع مستقيمة تسمى عناصر *ELEMENTS* المخروط تمر بنقطة ثابتة ليست فى المستوى تسمى رأس *VERTEX* المخروط، وتنتهى على محيط القاعدة. والبعد العمودى من رأس المخروط إلى مستوى قاعدته يسمى ارتفاع *ALTITUDE* المخروط، والمستقيم المار برأس المخروط ومركز قاعدته يدعى محور *AXIS* المخروط، ويكون المخروط دائريا *CIRCULAR* أو ناقصيا *ELLIPTIC* حسب كون قاعدته دائرة أو قطعا ناقصاً، والمخروط الدائرى المائل *OBLIQUE CIRCULAR CONE* هو مخروط دائرى محوره ليس عمودياً على قاعدته، والمخروط الدائرى القائم *RIGHT CIRCULAR CONE* هو مخروط دائرى محوره عمودى على قاعدته، وبالإمكان أن يتولد المخروط الدائرى القائم عن دوران مثلث قائم الزاوية حول أحد ضلعى القائمة، والارتفاع الجانبى للمخروط *SLANT HEIGT* هو طول أحد عناصر المخروط ويسمى فى هذه الحالة راسم المخروط، والمساحة الجانبية *LATERAL AREA* للمخروط هى مساحة السطح الجانبي، والمساحة



الجانبية للمخروط الدائرى القائم تساوى ط نق ل حيث نق يساوى نصف قطـــر قاعدتـــه، ل طـــول الراسم للمخروط القائم، وحجم *VOLUME* المخروط يساوى ثلث حاصل ضرب مساحة قاعدته فى ارتفاعه، والمخروط المقطوع *FRUSTUM OF A CONE* هو جزء من مخروط محـــصور بـــين قاعدته وبين مستو يقطع المخروط موازيا للقاعدة:

وحجم المخروط المقطوع يساوى مثلث ارتفاعه ع (أى ثلث المسافة بين قاعدتيـــه) مـــضروبا فـــى مجموع مساحتى قاعدتيه (م١، م٢)، والجذر التربيعى لحاصـــل ضـــربهما أى أن حجـــم المخـــروط المقطوع = ٣/ ١ ع (م١ + م٢ + م١+ م٢)، والمساحة الجانبية للمخروط الدائرى القائم المقطـــوع = ط ل (نق١ + نق٢) حيث ل تساوى الارتفاع الجانبى له . نق١ ، نق٢ نصفا قاعدتيه المتوازيتين.

Construction, Construction إنشاء، عمل

عملية رسم الشكل الهندسى ليحقق شروطا معينة، وفى إثبات أو براهين النظريـــات يرســـم الـــشكل المفروض وقد تضاف إليه خطوط أخرى تؤدى إلى البرهان أو إلى الحل المطلوب.

(D)

Démonstration par l absurde, Proof by contradiction, Reductio-ad-absurdum

البرهان بالخلف، البرهان بالتناقض، وهو احدى طرق البرهان الغيـــر المباشـــر، فمـــثلا إذا أردنـــا أثبـــات أن ف← ن وأثبتنا أن ف ←ن هى تناقض يكون هذا إثباتا للعبارة ف ←ن، بالتنـــاقض، وسبق أن استعمل إقليدس البرهان بالخلف فى كتابه "الأصول".

Dérivée, Derivative مشتقة

هى معدل التغير اللحظى لدالة د ما بالنسبة إلى متغيره المستقل س. إذا كان الرمز س يبعـــر عـــن متغير ما حقيقى وتغيرت قيمة س من القيمة س١ إلى القيمة س٢، فإن المقـــدار س٢-س١ يـــسمى باسم التغير فى س ويرمز له بالرمز هــ أ ، بالرمز ئ س (ونقرأ دلتا س)

أى أن هــ = س٢-س١ أ، س = س٢-س١

ولا بد من تسجيل :

١- الرمز س ليس معناه x س بل هو رمز واحد يعبر عن مقدار التغير فى س.

٢- المقدار س قد يكون موجبا أو سالباً أو صفراً حسب كون س٢ < س١ أو س٢ > س١ أوس٢ = س١ .

٣- إذا كان ص متغيرا آخر فإن التغير فى ص نرمز له بالرمز ص

وإذا كان ع متغير ثالث فإن التغير فى ع نرمز له بالرمز ع، وهكذا.....

مثال : إذا تغيرت س من ٢،٦ إلى ٣،٤ فإن س = س٢-س١ = ٣،٤ - ٢،٦ = ٠،٨ .

مثال آخر : إذا تغيرت س من ٢٤ إلى ١٨ فإن س = س٢-س١ = ١٨ - ٢٤ = -٦

Deviation الانحراف

وهو القيمة المطلقة للانحراف عن الوسط. فإذا كانت س١ قيمة ما للمتغير العشوائى الذى وسطه وانحرافه المعيارى ع فإن الانحراف | س١ - س/ع | حيث

س هو وسط العينة س١ ، ... ، سن

Directrice, Directrix الدليل

هو المستقيم الثابت فى القطوع المخروطية

Division harmonique dune ligne, harmonic Division of a line **قسمة توافقية لقطعة مستقيمة**

يقال لقطعة مستقيمة رنها مقسومة قسمة توافقية عندما تكون مقسومة من الداخل والخـــارج بالنـــسبة نفسها.

(E)

مُجَسَّمُ القطع الناقص أو الاهليلجى Ellipsoide, Ellipsoid

هو السطح الذى تكون قطوعه مع السطح المستوى إما قطوعا ناقصة أو دوائر، وهو متماثل حـــول ثلاثة خطوط مستقيمة متعامدة تسمى محاوره *AXES*، وتسمى نقطة تقاطع المحاور بمركز المجسم، كما يسمى أى وتر مار بالمركز بقطر المجسم، ومعادلة المجسم القياسية منسوبة إلى ثلاثة محـــاور ديكارتية متعامدة هـــى : أ^{٢} /س^{٢} + ب^{٢} / ص^{٢} + ح^{٢} / ع^{٢} = ١، مع ملاحظة أن مركز المجـــسم هو نقطة الأصل وأن طول القطع المستقيمة التى يقطعها من المحاور الثلاثة هـــى أ، -أ، ب، -ب، ح، -ح، وإذا كانت أ < ب < ح ، فإن أ تسمى نصف المحور الأكبر للمجسم، وتـــسمى ب نـــصف المحور الأوسط له، وتسمى ج نصف المحور الأصغر، وإذا كانت تساوى كل من أ، ب ، ح، فـــإن المجسم يصبح كرة، وإذا وضعنا الصفر مكان الواحد، فى المعادلة السابقة، أى إذا كانـــت المعادلـــة السابقة على الصورة التالية: أ^{٢}/ س^{٢} + ب^{٢} /ص^{٢} + ح^{٢} / ع^{٢} =٠، فإن المجسم يؤول إلـــى نقطـــة *POINT ELLIPSE*، وإذا كانت المعادلة السابقة على الصورة التالية:

أ^{٢}/ س^{٢} + ب^{٢} / ص^{٢} + ح^{٢} / ع^{٢} = -١، صار المجسم تخيلياً، أى *IMAGINARY POINT*.

(F)

Fonction monotone, Monotone Function دالة رتيبة

هى الدالة المتزايدة التى لا تتناقص أبدا أو المتناقصة التى لا تتزايد أبدا.

(H)

مُجَسَّمُ زائدى Hyperboloide, Hyperboloid

مجسم بعض مقاطعه قطــوع زائــدة، فالمجــسم أ٢/ س٢ + ب٢ / ص٢ - ح٢ / ع٢ = ١ زائــدي، والمجسم أ٢/ س٢ - ب٢/ ص٢ - ح٢ / ع٢ = ١ زائدى أيّضاً.

(I)

Inégalité, Inequality متباينة (متراجحة)

الجملة المفتوحة ٢ س + ٣ ص > ب هى متباينة خطية ذات مجهولين، والجملة
٠ > أ س٢ + ب س + ح متباينة تربيعية ذات مجهول واحد.

(L)

ترميز الأشكال الهندسية Lettering of geometric figures

الشكل الهندسى هو تجميع لنقاط أو مستقيمات أو مستويات أو دوائر. ويرمز المهندس إلى النقـاط، والخطوط، والسطوح، بحرف أو حروف كانت رائجة فى اللغة اليونانية القديمة، وهى ترجـع إلـى أبقراط من تشيوس (حوالى ٤٤٠ قبل ميلاد السيد المسيح)، وذلك كما ورد فى كتاب كاجورى سالف الذكر (ج١، ص ٤٢٠، نقلا عن موريتس كانتور).

ترميز المثلثات Lettering of Triangles

استعمل ريتشارد راولنسون فى كتيب أعده فى أكسفورد فيما بين عامى ١٦٥٥ و١٦٦٨، اسـتعمل ريتشارد راولنسون، إذن، الحروف *A, B, C*، للدلالة على جوانب المثلث، واستعمل *a, b, c* للإشارة إلى الزوايا المعاكسة. وفى ترميزه، كان الحرف *A* يشير إلى الجانب الأكبـر، والحـرف *C* إلـى الجانب الأصغر، وذلك كما ورد فى كتاب كاجورى سالف الذكر، ج٢، ص ١٦٢ . وقد أعاد كل من ليونارد أويللير وتوماس سيمبسن تقديم هذا الترميز، بعد ذلك التاريخ بسنوات عدة.

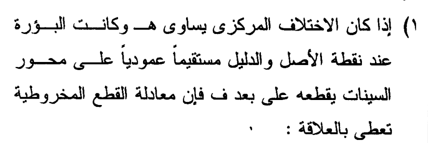
(S)

Séculaire, Secular قرنى

Sections coniques, Conic Sections قطوع مخروطية

المحل الهندسى لنقطة تتحرك بحيث تكون النسبة بين بعدها عن نقطة ثابتة وبعدها عن مستقيم ثابت تساوى نسبة ثابتة. وتسمى هذه النسبة باسم "الاختلاف المركزي" *ECCENTRICITY OF THE CURVE*، كما تسمى النقطة الثابتة باسم البؤرة أو *FOCUS*، وأما المستقيم الثابت فيسمى الدليل أو *DIRECTRIX*، فإذا كان الاختلاف المركزى مساوياً الوحدة، سمى المنحنى قطعاً مكافئاً *PARABOLA*، وإذا كان الاختلاف المركزى أقل من الوحدة سمى المنحنى قطعاً ناقصاً أو *ELLIPSE*، وإذا كان الاختلاف المركزى أكبر من الوحدة سمى المنحنى قطعاً زائداً أو *HYPERBOLA*، وتسمى القطوع المكافئة، والناقصة، والزائدة، بالقطوع المخروطية، لأنه بالإمكان أن تولد نتيجة قطع السطح المخروطى بمستوٍ فى وضع معين كما هو واضح فى الشكل التالى :

وبالإمكان إعطاء معادلة القطع المخروطى بأشكال مختلفة، منها :



١) إذا كان الاختلاف المركزى يساوى هـ وكانت البؤرة عند نقطة الأصل والدليل مستقيماً عمودياً على محور السينات يقطعه على بعد ف فإن معادلة القطع المخروطية تعطى بالعلاقة : ٠

(١-هـ٢) س٢ + ٢ هـ٢ ف س + ص٢ = هـ٢ ف

٢) معادلة من الدرجة الثانية فى متغيرين س ؛ ص؛ وبالإمكان كتابة هذه المعادلة على الصورة :

أ س٢ + ٢ ب س ص + ح ص٢ + ٢ ء س + ٢ هـ ص + و = ٠

Symétrie, Symmetry (corresponding) تناظر، تماثل

الأضلاع المتناظرة، والنقاط المتناظرة، والزوايا المتناظرة، تنتمى إلـــى أشـــكال مختلفـــة، وتكـــون متناسبة بالنسبة إلى بقية أجزاء الشكل، فمثلا الوتران فى المثلثين القائمى الزاوية يكونان متناظرين.

(T)

Terme, Term حد

١) حدا الكسر هما بسطه ومقامه.
٢) الطرف أو الحد فى المتساوية أو اللامتساوية هو كل من الكميتين اللتين تفصل بينهمـــا إشـــارة المساواة أو التباين.
٣) إذا كانت هناك عبارة رياضية بشكل المجموع الجبرى لعدد من الكميات فإن كل كمية من هـــذه الكميات تعتبر حداء فمثلا :

كل من س $ص^٢$. (س + ص) ، ص - ١ / س + ١؛
ص حا س تعتبر حدا فى العبارة :
س $ص^٢$ - (س + ص) + ص - ١ / س + ١ + ص حا س

Triangle rectangle, Pythagorean Triangle مثلث فيثاغورى

Triangle droit, Right triangle مثلث قائم الزاوية

هو مثلث احدى زواياه قائمة، والضلع المقابل للقائمة يسمى الوتر.

موضوعات الهندسة والمناظر والفلك

(أ)

ابن سنان، إبراهيم ابن ثابت ابن قرة (بغداد ٢٩٦هـ / ٩٠٩م – بغداد ٣٣٥ هـ / ٩٤٦ م):

وقد حقق رشدى راشد بحوث إبراهيم ابن سنان فى المنطق والهندسة فى القرن العاشر الميلادي. وترجمها إلى اللغة الفرنسية وشرحه. وقد بينا فى الباب الأول برهان رشدى راشد أن الطريق، فى تاريخ الرياضيات، إلى الكشف العلمى ليست طريقا مباشرة ولا طريقا قصيرة. وأما عن دائرة الكشف العلمى فهى ما يمكن أن يشاهد بطريق غير مباشرة. وأما عن المنهج فإن العلم يستخدم فى بحثه نتائج خبرته المباشرة بالمخطوطات العربية القديمة من طريق التحقيق كما يستخدم التفكير الرياضى والتاريخى والفلسفى المنظم. فأما عن الغرض فهو الوصول إلى معرفة رياضية–تاريخية–فلسفية أخرى. لكن عندما بحثنا عن الشروط العربية لتقدم العلوم بعامة، فى الباب الثاني، توصلنا فى هذا الباب الثالث من الكتاب إلى طرح مسألة المعرفة العلمية العربية بلغة المسائل فى الرياضيات الكلاسيكية.

ابن سهل، أبو سعد العلاء :

كان أساس تحقيق رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل هو بحثه فى مدى تأثير كتاب "المناظر" لبطليموس (المقالة الخامسة حول انكسار الضوء، بوجه خاص) فى علم المناظر عند العرب. كان أساس تحقيق رشدى راشد لمخطوطات ابن سهل الآخر هو قصده قياس تأثير هندسة أرشميدس وأبو لونيوس فى البحث فى الرياضيات فى القرنين التاسع الميلادى والعاشر الميلادي.

ابن الهيثم، أبوعلى محمد بن الحسن (البصرة، النصف الثانى من القرن العاشر–مصر، بعد ٤٣٢ه/ سبتمبر ١٠٤٠م)، :

تناولت موسوعة رشدى راشد العملاقة عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرن الثالث والقرن الخامس (ج١ : المؤسسون والشراح؛ ج٢ : الحسن بن الهيثم؛ ج٣ : الحسن بن الهيثم، القطوع المخروطية، الأعمال الهندسية، الهندسة العملية؛ ج٤ : الحسن بن الهيثم، المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات). كان المقصود من موسوعته عن تاريخ الرياضيات التحليلية العربية بين القرن الثالث والقرن الخامس هو التأريخ لحساب الصغائر بين القرن التاسع والحادى عشر الميلاديين، وبخاصة أعمال الحسن بن الهيثم. فظهر الجزء الثانى –ج٢ : الحسن بن الهيثم–

من الكتاب قبل الجزء الأول -ج١ : المؤسسون والشارحون-، وهو يضم أعمال الحسن بن الهيـثم فى حساب الصغائر أوفى الحسابات اللامتناهية فى الصغر.

ابن يمن المتطبب، نظيف :

طبيب ولاهوتى مسيحى ورياضى وهلنستى وترجم بعض الإضافات فى المقالة العاشرة من كتـاب "الأصول" لأقليدس، وكان معاصرا لابن سهل ومراسلا له.

أبولونيوس (حوالى ٢٢٥ ق. م.):

وهو من أهل برجا، فى الإسكندرية، صاحب الكتاب المرجعي-العمدة فى "المخروطات" على مـدار تاريخ الرياضيات بعامة. تأثر فيه بالبحوث السابقة عليه فى المخروطات، لكن مـن دون أن يخلـو كتابه من الأصالة، بل هناك تعميم كبير مهم فى معالجته للمخروطات وتحليله لها. وله أعمال أخرى فى تخفيض النسبة، وتخفيض المساحة، وتحديد القطع، والمماس، ومكـان الكواكـب، والانحـدار، وغيرها من الموضوعات الرياضية المختلفة.

إراتوسثنيس (ت حوالى ١٩٤ ق. م.):

وهو جغرافى من علماء الإسكندرية فى العالم القديم، أنظر : هيث، تاريخ الرياضيات اليونانية :
TH. HEATH, A history of Greek Mathematics, Oxford At Thr Clarendon Press, 1960, volume II, p. 16.

أريستارخوس (ت حوالى ٢٣٠ ق. م.):

وهو من أهل ساموس، وهو فلكي ومعلم فى الإسكندرية، وهو الذى زعم أن الـشمس هـى مركـز الكون، وهى النظرية التى أثبتها العلماء فيما بعد. أنظر فيما يتعلق بأريـستارخوس، كتـاب هيـث، تاريخ الرياضيات اليونانية، ج٢، الفقرة *XII*، ص ١-١٥، حيث أشـار هيـث إلـى أن مـؤرخى الرياضيات اليونانية لم يدرسوه بالقدر الكافي.

(ب)

بطلميوس، كلوديوس (حوالى ١٤٠–١٦٠م) :

علم فى كل من أثينا والإسكندرية، وكان كتابه الأول يعرف باسم "الكتاب الأول من المجموعة الرياضية"، وكتب مجموعة أخرى سماها باسم "التركيب" أو"سونتاكسيس"، ولذلك سمى العرب المجموعة الأولى، باسم "المجسطي"، وهى مختصر للبحوث السابقة فى حجم الأرض، وتحديد بعض المواضع، وحسن جداول هيبارخوس عن الأوتار، ووسع من مجال الكسور الستينية، وقد قورن كتابه عن "المجسطي" بكتاب "الأصول" لإقليدس، بسبب عرضه لكل المعارف السابقة فى صورة مبوبة ومنسقة تنسيقا منطقيا صارما.

البَلور أو البلور :

هو نقل عن اللفظ اليونانى القديم *berullos* e من بعد تبديل الحرفين r وl، ويدل التعبير اليونانى على الزمرد الريحانى الشفاف أو الزمرد المصرى *beryl*، والمقصود هو البلور الصخرى الشفاف أو الصوان، ذو قرينة الانكسار $1,544 \; > n < 10553$ ، وذو الثقل النوعى $2,65$، والتركيب الكيميائى SiO_2، وذلك كما ورد فى الجداول التى أوردها المحققان حسن وخفاجى فى تحقيقهما للكتاب : شرف الدين أبو العباس أحمد بن يوسف التيفاشي، "أزهار الأفكار فى جواهر الأحجار"، القاهرة، ١٩٧٧ .

(د)

ديكارت، رنيه (١٥٩٦-١٦٥٠)،:

وهو رياضى وفيلسوف فرنسى مؤسس الفلسفة الغربية الحديثة. بحث رشدى راشد فى "هندسة ديكارت والفرق بين المنحنيات الهندسية والمنحنيات الآلية"، وحرر كتاب " ديكارت والعصر الوسيط"، دراسات الفلسفة الوسيطة ، باريس، فران، ١٩٩٧، ص ١-٢٢ ، فى اللغة الفرنسية.

ديوقليس (حوالى ١٨٠ ق. م.):

وهو الرياضى الذى اكتشف المنحنى المعروف باسم *CISSOID*، والذى استعمله لحل مسألة المتناسبين الأساسيين، وهو كذلك صاحب منهج حل معادل بعض المعادلات التكعيبية الواقعة عند تلاقى قطع ناقص وقطع زائد، وذلك نقلا عن رواية انتوسيوس، كما أورد هيث، تاريخ الرياضيات اليونانية، ج٢، مرجع سبق ذكره، ص ٢٠٠ .

(س)

سنيلليوس :

قلب اكتشاف قانون سنيلليوس عند ابن سهل فى القرن العاشر الميلادي، التـصور الـسائد لتـاريخ العلوم، بل قاد إلى صياغة مغايرة لمسألة إعادة اكتشاف هذا القانون مرات عدة. وإلى جانب أسـماء سنيلليوس وهاريوورنيه ديكارت، لابد، من بعد تأريخ رشدى راشد للعلوم، إضافة اسم ابن سهل فى قائمة من صاغوا قانون سنيلليوس.

(ط)

الطوسي، شرف الدين هو شرف الدين المظفر (أو أبو المظفر) بن محمد بن المظفر الطوسي (١١٧٥م):

وهو من طوس بخراسان. وتردَّد على طوس نفسها. واحتفظ بجزء من كتبه فيها. وأقام في الموصل - قبل ١٩ من ربيع الأول سنة ٦٧٥ هـ أي ٢١ أغسطس سنة ٠٨١١ م- وحلب ودمشق. ومرّ بهمذان. إن أبا الفضل بن يامين المتوفى سنة ٦٠٤ هجرية (٧٠٢١م) قرأ على شرف الدين الطوسى عند وروده إلى حلب ، وكان الشرف رياضياً وحكيماً. وكان أبو الفضل الحارثى المتوفى ٩٩٥ هـ - ٢٠٢١ م قد أورد أن شرف الدين الطوسى جاء إلى دمشق فى ذلك الوقت ، وكان مهندساً ورياضياً.

(ع)

العدسة المحدبة الوجهين :

أنهى ابن سهل دراسته بإنشاء عدسة محددة بجزأين من مجسمين زائدين دورانيين حـــول المحـــور نفسه ، مصنعة من البلور نفسه للعدسة السابقة. واستعمل النتيجة التى أثبتها خلال دراســـته العدســـة المستوية المحدبة مفترضًا مبدأ الرجوع العكسى للضوء (العودة المتطابقة). وتظهر العدسة محدبـــة الوجهين وكأنها التصاق عدستين مستويتين محدبتين.

(غ)

الغُندِجاني، أحمد بن أحمد بن جعفر :

يأتي من منطقة صغيرة في إيران، له كتيب عن "القبلة".

(ق)

القسمة التوافقية :

تناولت أبحاث ابن سهل الهندسية المخروطات بغض النظر عن تطبيقها، كما تشهد على ذلك بحوثـه فى خواص القطوع المخروطية الثلاثة. فهو يبحث خصائص القسمة التوافقية أو مفهوم المقطع الذى هو حالة خاصة منها. وتتشابه هذه الخصائص التى درسها ابن سهل مع بعض تلك التى درسها أبـو لونيوس ، كالقضايا من ٣٨ حتى ٤٠ من الكتاب الثالث من "المخروطات"، تمثيلا لا حصراً.

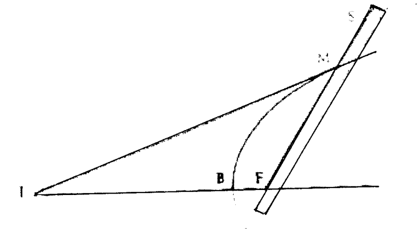
القطع الزائد :

(١) القطع المخروطى الذى اختلافه المركزى أكبر من الواحد الصحيح.

(٢) ما ينشأ من قطع سطح مخروطى دائرى قائم وامتداده من جهة رأسه بمستويميل على مستوى دليله بزاوية أكبر من زاوية ميل أحد الرواسم على مستوى الدليل، والصورة المعيارية لمعادلة القطع الزائد الذى مركزه : النقطة (ك ، ل)، هـي: أ^{٢}/ (س+ك)^{٢} – ب^{٢} / (ص– ل)^{٢} =١، وذلك بالنسبة إلى محورين إحداثيين متعامدين، ويكون القطع الزائد أ^{٢}/ س^{٢} – ب^{٢} / ص^{٢} = ١، متماثلا بالنسبة إلى المحورين الإحداثيين، ويكون مركزه نقطة الأصل، ويقطع محور س فى النقطتين (أ، ٠) ، (–أ، ٠)، وهما رأسا القطع الزائد، والخط الواصل بينهما وطوله ٢أ هو المحور العرضى للقطع *TRANSVERSE AXIS*، أما الخط المعامد له الواصل بين النقطتين (٠ ، ب) ، (٠ ، –ب)، فهو المحور المرافق *CONJUGATE AXIS*، وعلى هذا يكون أ ، ب نصفى طول هذين المحورين، فإذا كانت احدى البؤرتين هى النقطة (ح ، ٠)، كان ح^{٢} = أ^{٢} + ب^{٢}، وأما الاختلاف المركزى فهو أ / ح، ومحورا الاقتراب *ASYMPTOTES* للقطع الزائد هما أ/ س – ب/ ص = ٠ ، أ/ س + ب / ص = ٠، ويكون القطعان الزائدان متشابهين *SIMILAR* ، إذا كان اختلافهما المركزيان متساويين، ويكون القطهان الزائدان مترافقين، إذا كان المحور المستعرض لأحدهما هو المحور المرافق للآخر، والمحور المرافق للأول هو المستعرض للآخر، ويكون القطع الزائد قائما *RECTANGULAR, EQUIANGULAR OR EQUILATERAL*، إذا كان أ ، ب فيه متساويين، فكل من القطعين س^{٢} – ص^{٢} = أ^{٢} ، س ص = أ قطع زائد قائم. ومن أمثلة حدوث القطع الزائد فى الطبيعة مسارات الشهب.

لنأخذ قطعًا زائدًا ذا بؤرتين F و F' ، طول محوره المعترض $2a$. تتميز كل نقطة M مـن الفـرع المحيط بالبؤرة F بالمعادلة التالية : $MF'-MF=2a$ لـتكن S نقطـة علـى امتـداد FM ، معنـا : $(SM+MF')-SF=2a$
الشكل التالى :

القطع المكافئ :



منحنى مستو يكـون بعـد أى نقطة عليه مـن نقطـة ثابتـة (البؤرة) فى المستوى مـساوياً لبعدها عن خط ثابت (الدليل). وهو أيضا القطع المخروطـى الناتج من تقاطع مستو مـواز لأحد رواسم المخـروط مـع السطح المخروطي. ويطلـق على الخط المار بالبؤرة عموديا على الدليل اسم محور القطع المكافئ، وهو يقطـع المنحنـى عنـد الرأس، وأما الوتر المار بالبؤرة عموديا على المحور فيسمى باسم "الوتر البؤرى العمودي"، ومـن أمثلة وجود هذا المنحنى المسار الذى تسلكه قذيفة أطلقت فى اتجاه غير رأسي.
لنأخذ مكافئًا بؤرته F ، ومستقيمًا ئ متعامدًا مع المحور يخترق المكافئ فى نقطتـين A و B . لكـل نقطة M من القوس AB ذات إسقاط H على ئ ، نرى :

القطع الناقص أو الإهليلج، ELLIPSE :

إذا قطع السطح الجانبى للمخروط الدائرى بمستوى يميل على محوره بحيث يكون المقطـع منحنيـاً مغلقاً، فإن منحنى التقاطع يسمى قطعا ناقصا، أو هو المنحنى المستوى الذى يتكون من جميع الـنقط التى مجموع بعدى كل منها عن نقطتين ثابتتين فى المستوى يساوى كمية ثابتة، وتـسمى النقطتـان الثابتتان بؤرتى القطع أو *FOCI* أو هو القطع الذى له اختلاف مركزى *ECCENTRICITY* أقل من الواحد الصحيح، والقطع الناقص متماثل بالنسبة إلى مستقيمين يسميان محوريـه *AXES*، ومحـورا القطع غير متساويين، ويسمى الأكبر منهما المحور الأكبر *MAJOR AXIS*، ويسمى الآخر، المحور الأصغر *MINOR AXIS*، وإذا انطبق محورا القطع على محـورى الإحـداثيات انطبـق مركـزه *CENTER* على نقطة الأصل -أنظر الشكل ص ٩٧، عمود أيّس أعلى)- وعندها تكـون معادلتـه

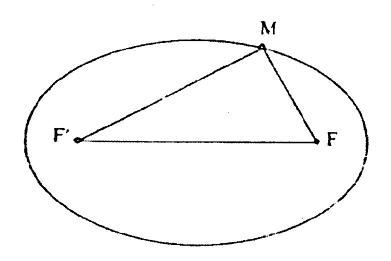
علــى الــصورة: أ٢ /س٢ + ب٢ / ص٢ = ١؛ حيــث ترمــز أ إلــى نــصف المحــور الأكبــر SEMIMAJOR AXIS، وترمز ب إلى نصف المحور الأصغر SEMIMINOR AXIS، وتسمى هذه الصورة لمعادلة القطع الناقص بالمعادلة المعيارية له STANDARD FORM، والمسافة بين كل من نهايتى المحور الأصغر وأى بؤرة من بؤرتى القطع الناقص تساوى أ؛ وإذا كانت المسافة من مركز القطع إلى احدى بؤرتيه = ح فإن النــسبة أ / ح تــسمى الاخــتلاف المركــزى للقطــع النــاقص ECCENTRICITY، ويقال لقطعين ناقصين إنهما متشابهان SIMILAR إذا كان لهمــا الاخــتلاف المركزى نفسه، وتسمى نقطة تقاطع محورى القطع الناقص بمركز القطع CENTER، كما تــسمى نقطتا القطع مع محوره الأكبر برأسى القطع VERTICES، وتسمى الأوتار المارة بأى من بــؤرتى القطع والعمودية على محوره الأكبر بالأوتار البؤرية العموديــة LATERAL RECTA، ومفردهــا LATUS RECTUM، وإذا كان مركز القطع الناقص هو النقطــة (هـــ، ك)، وكــان محــوراه موازيين لمحورى الإحداثيات، فإن معادلته تصبح : أ٢/ (س– هـ)٢ + ب٢ / (ص – ك)٢ = ١، وإذا وضعنا الصفر مكان الواحد، فى المعادلة السابقة، فإن القطع يــؤول إلــى نقطــة A POINT-ELLIPSE، وإذا وضعنا (–١) مكان الواحد، فى المعادلة السابقة نفسها، فإن المعادلة تصبح معادلة قطع ناقص تخيلى IMAGINARY ELLIPSE، والمعادلتان البارامتريتان للقطع الناقص الذى مركزه نقطة الأصل ومحوراه منطبقان على محورى الإحداثيات، هما :

س = أ جتا a ، ص = ب جا a ، حيث ترمز كل من أ ، ب إلى نصفى محــورى القطــع الأكبــر والأصغر على الترتيب، كما ترمز a إلى الزاوية التى رأسها نقطة الأصل والموجودية فى المثلــث القائم الزاوية وء ن حيث الضلع ون = الإحداثى السينى للنقطة ع الواقعة على القطــع، والــضلع ء ن= الإحداثى الصادى لنقطة على الدائرة التى مركزها نقطة الأصل (و) ونصف قطرها أ، وتــسمى الزاوية a بزاوية الاختلاف المركزى ECCENTRIC ANGLE، كما تسمى الدائرتان المرســومتان فى الشكل السابق، واللتان مركزهما نقطة الأصل ونــصفا قطريهمــا أ ، ب بــدائرتى الاخــتلاف المركزى للقطع ECCENTRIC CIRCLES، وبالإمكان أن نعتبر الدائرة قطعــا ناقــصا اختلافــه المركزى يساوى صفراً، ومساحة القطع الناقص AREA OF AN ELLIPSE تساوى أ ب ، والمحل الهندسى لمنتصفات أى مجموعة من الأوتار المتوازية فى القطع الناقص يسمى قطر القطع النــاقص DIAMETER OF AN ELLIPSE، وكل قطر يمر بمركز القطع، كما أن كل قطــر ينتمــى إلــى مجموعة من الأوتار المتوازية فى القطع، وقطر مجموعة الأوتار المتوازيــة هــذه والقطــر الأول يسميان قطرين مترافقين CONJUGALE DIAMETERS، والمحل الهندسى لنقطــة تقــاطع أزواج

المماسات المتعامدة للقطع الناقص وهو دائرة يسمى دائرة التوجيه للقطـــع النـــاقص *DIRECTOR CIRCLE OF AN ELLIPSE*، ومن أمثلة وجود القطع الناقص فى الطبيعة، مسارات الكواكب.

استعمل ابن سهل الخاصة المتعلقة بتعيين ملتقى النقاط *M* ، التى يمثل مجموع بعديها عـــن نقطتـــين ثابتتين *F* و*F*ص مقدارًا ثابتًا ١ ، أى :: $MF+MF'=l;$

الشكل التالي:



(ك)

كبلر، يوهانس (١٥٧١-١٦٣٠):

وهو عالم فلكى محدث.

كلاجت، مارشال :

مؤرخ العلوم فى العصور الوسطى الأمريكي، وعضو هيئة تدريس معهد الدراسة المتقدمة، بجامعة برنستون، وكان مدير معهد البحوث فى الإنسانيات فى جامعة فايكونسن على مدار خمس سـنوات، بحث فى الفيزياء الوسيطة المتقدمة، والعلم اليوناني، والميكانيكا فى العصور الوسطى، وعلم الأثقال فى العصر الوسيط، وهو محرر "المسائل النقدية فى تاريخ العلوم"، والمحـرر المـشارك لدوريـة "أوروبا فى القرن الثانى عشر الميلادى وأسس المجتمع الحديث"، ونـشر دراسـاته المتعـددة فـى الدورية العلمية فى تاريخ العلوم "إيزيس"، وفى مجلة "أوزيريس"، وهو عضو الجمعيـة الأمريكيـة الفلسفية"، وزميل "الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم"، و"الأكاديمية الأمريكية للفنون والعلـوم"، وهـو عضو"الجمعية الألمانية لتاريخ الطب، والعلم الطبيعي، والتقنية"، وكان أول نائـب رئـيس لجمعيـة تاريخ العلوم بين عامى ١٩٥٧-١٩٥٩ .

(م)

الماهانى ، محمد عيسى بن أحمد أبو عبد الله :

عالم رياضيات وفلك، عاش فى القرن الثالث الهجرى / التاسع الميلادي، ولم يحدد المؤرخـون لـه تاريخ ميلاد أو تاريخ وفاة. عاش الماهانى فى بغداد فى وسط علماء الرياضيات والفلك.

مبدأ الرجوع المعاكس للضوء :

أنهى ابن سهل دراسته بإنشاء عدسة محددة بجزأين من مجسمين زائدين دورانيين حـول المحـور نفسه ، مصنعة من البلور نفسه للعدسة السابقة. واستعمل النتيجة التى أثبتها خلال دراسـته العدسـة المستوية المحدبة مفترضًا مبدأ الرجوع العكسى للضوء (العودة المتطابقة). وتظهر العدسة محدبـة الوجهين وكأنها التصاق عدستين مستويتين محدبتين.

مبرهنة منلاؤس :

إن القضية الأولى فى الكتاب الثالث من عمل منلاؤس الذى يحمل عنوان "الكـرة" أو *SPHERICA*، هى مبرهنة منلاؤس التى تحيل إلى المثلث الكروى وأى مستعرض (دائرة كبيـرة) يقطـع زوايـا المثلث، وإنتاج ذلك عند الضرورة، لكن منلاؤس لم يستعمل المثلث الكروى فى منطـوق المبرهنـة نفسها إنما صاغ المبرهنة فى لغة الدوائر الكبيرة المتقاطعة. فبين القوسين *ADB*، *AEC* وهما قوسا الدوائر الكبيرة، يتلاقى قوسان آخران لدوائر كبيرة هما القوسان *DFC*، *BFE*، ويتلاقـى القوسـان الآخران كذلك مع كل دائرة على حدة فى النقطة *F*، وكل الأقواس هى أقل من أن تكـون نـصف-دائرة، مما يقضى بالبرهان على أن: $\sin CE / \sin EA = \sin CF / \sin FD . \sin DB / \sin BA$. وبدا أن منلاؤس قد أعطى ثلاث حالات أو أربع حالات، وهى تكفى للبرهان على المبرهنة تمامـا، ويتبع البرهان قضيتين بسيطتين استوعبهما منلاؤس من دون برهان، إنما برهنهما بطلميوس.

المدرسة الأبولونية :

المدرسة الرياضية التى تنتسب إلى منهج أبولونيوس.

المدرسة الأرشميدسية :

المدرسة الرياضية التى تنتسب إلى أرشميدس.

مرآة القطع الناقص (أو الإهليلجية) :

درس ابن سهل إشعال جسم قابل الاحتراق على مسافة معينة بانعكاس ضوء يقع منبعه على مسافة متناهية، أى للبحث عن إحداث إشعال فى نقطة A تقع على مسافة معينة، من منبع ضوئى يقع فى نقطة C. ولذا درس ابن سهل المرآة الإهليلجية. ولاتزال الكتابة حول المرآة الإهليلجية السابقة لنص ابن سهل ، عدا دراسة لأنتيميوس الترالى، مجهولة. وقد تعود قلة اهتمام الباحثين فى المرايا المحرقة ، بمرآة القطع الناقص (أو الإهليلجية) إلى شروط موقعى المنبع والبؤرة. واقتصرت دراسة أنتيميوس الترالى على خاصية ازدواجية بؤر الإهليلج. وانطلق أنتيميوس الترالى من قوانين الانعكاس ، وأكد إن الشعاع المنبثق من احدى البؤرتين ينعكس نحو الأخرى ؛ كما انه تبنى طريقة "البساتي" لرسم الإهليلج رسمًا تواصليًا. اطلع ابن سهل على هذه الدراسة ، ولكنه أعاد كليًا دراسة هذه المسألة.

المرآة المكافئية :

شكلت المرآة المحرقة المكافئية، قبل ابن سهل بزمن طويل ، أحد محاور البحث العلمى الرئيسية. خلف ديوقليس وأنتيميوس الترالى ومؤلف مقتطف بوبيو، دراسات عدة حول المرآة المكافئية، يجدها الباحث كذلك فى نص عُرب من اليونانية منسوب إلى دتروموس. أما بالعربية ، وقبل ابن سهل ، فقد كتب حول هذه المرآة المكافئية كل من الكندى وأبو الوفاء البوزجاني. من هنا فقد شاع البحث العلمى حول المرآة المكافئية حتى القرن العاشر الميلادي.

المرايا المحرقة :

دارت دراسة المرايا المحرقة حول التساؤل عن الإشعال وعلى مسافة معينة بواسطة أشعة متوازية، أو منبثقة من منبع ضوئى موجود بدوره على مسافة متناهية ، لا من طريق الانعكاس وحسب بل من طريق الانكسار أيّضاً. وكانت قوة تملكه نظرية القطوع المخروطية شرط قيامه بأبحاثه حول انعكاس الضوء وأدت إلى ولادة فصل انعكاس الضوء فى العلوم. وكما فى البحث فى المرايا المحرقة ، انطلق من تطبيق البُنى الهندسية ، وخصوصًا نظرية القطوع المخروطية ، على بعض الظواهر الضوئية للتوصل إلى الهدف التطبيقى ألا وهو: الإشعال من منبع ضوئى ، بعيدًا كان أم قريبًا.

المماس (خط التماس) :

مستقيم يقطع المنحنى فى نقطتين منطبقتين.

المنحنى :

المحل الهندسى لنقطة تتحرك تحت شروط معينة. فمنحنى الدائرة هو المحل الهندسى للنقطـــة التـــى تتحرك بحيث يساوى بعدها عن نقطة ثابتة مقدارا ثابتاً.

منلاؤس (حوالى ١٠٠م):

وهو رياضى يونانى قديم بحث فى الكريات وحساب المثلثات الكروية، وحسبا الأوتار، وهو يـــذكر النظرية القائلة بأنه إذا قطع خط مستقيم أضلاع المثلث، فإن حاصل ضرب أطوال الأجزاء الثلاثـــة الغير المتقابلة، يساوى حاصل ضرب أطوال الثلاثة الأخرى.

(ن)

نظرية الأعداد :

وهى فرع من فروع الرياضيات يبحث فى خواص الأعداد الصحيحة، من حيث كونهـــا أوليـــة، أو غير أولية، ومن حيث قابلية قسمتها بعضها على بعض.

أ

(هـ)

الهندسة :

فرع من الرياضيات يدرس الخصائص الثابتة للمعطيات تحت تأثير تحويلات مختلفة.

الهندسة الاسقاطية :

هى نوع من هندسة الحدوث لا وجود للمستقيمات المتوازية فيها، أى أن كل مستقيمين يلتقيان.

الهندسة التحليلية :

هى الهندسة التى تمثل فيها النقاط تحليليا بواسطة إحداثيات، والتى تستخدم فيها الطرق الجبرية لحل المسائل.

هندسة الحدوث :

هى الهندسة المبنية على مسلمات أقليدس الخمس التى تميزها مسلمة التوازى عن غيرها من الهندسات الغير الأقليدية.

الهندسة الناقصة :

فرع من هندسة ريمان يتقاطع فيها أى خطين فى نقطتين دائما.

الهندسة الكروية :

وهى الهندسة التى تبحث فى الأشكال الواقعة على سطح الكرة، وهى حالة خاصة من حالات الهندسة الناقصية.

هيبسيكليس (حوالى ١٨٠ ق. م.):

وهو من الإسكندرية، وهو مؤلف المقالة الرابعة عشر من كتاب "الأصول" لأقليدس، وقد ذكره ديوفنطس الاسكندراني، بوصفه حدد تعريفا للعدد المضلع.

هيرون السكندرى (حوالى ٥٠ م.):

وهو رياضى يونانى قديم صنع آلات عدة، وبحث فى علم العدسات، وعلم الميكانيكا، وخواص الهواء، والريح، وعلم المساحة، وصاغ قاعدة أضلاع المثلث.

(و)

وتر الدائرة :

هو القطعة المستقيمة الواصلة بين أى نقطتين على محيطها.

وتر التماس (بالنسبة إلى نقطة تقع خارج الدائرة) :

وهو الوتر الواصل بين نقطتى تماس المماسين المرسومين للدائرة من هذه النقطة.

وتر المنحنى :

هو القطعة المستقيمة الواصلة بين أى نقطتين على المنحنى.

وتر الكرة :

هو القطعة المستقيمة الواصلة بين أى نقطتين على سطحها.

الفهرس العام

الفهرس التحليلى

المقدمة ٣

سفر البداية ٢٣

الباب الثاني : ١٢٧

الباب الثالث ٣٠٧

الباب الرابع ٤٥٣

الباب الخامس ٥٠٩

الخاتمة ٥٣٩

مراجع الكتاب ٥٦١

ببيلوغرافيا ٥٦٣

ببيلوغرافيا ٥٧٥

فهرس المصطلحات ٦٠١